Alexander W. Köhler

COMPUTER ABC

Für alle zum Verstehen, Anwenden und Mitreden

Springer Basel AG

Alexander W. Köhler

COMPUTER ABC

für alle

zum Verstehen
Mitreden
Anwenden

Springer Basel AG

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Köhler, Alexander W.:
Computer-ABC : für alle zum Verstehen, Mitreden,
Anwenden / Alexander W. Köhler. –
Basel ; Boston ; Stuttgart : Birkhäuser, 1984.
ISBN 978-3-7643-1592-4

Ursprünglich erschienen bei Birkhäuser Verlag Basel 1984
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1984

ISBN 978-3-7643-1592-4 ISBN 978-3-0348-5187-9 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-0348-5187-9

In Dank
an meine Eltern Rudolf und Katherina
und meine Frau Natacha

Inhalt

Vorwort

Dieses Buch wendet sich an alle, die Informatik verstehen wollen. Informatik sei dabei als ein schlagkräftiges Werkzeug verstanden, um Probleme zu lösen oder besser zu bewältigen. Insofern gilt es zuerst einmal das Problem des persönlichen Wissens in Sachen Informatik zu bewältigen.

In diesem Sinne bietet dieses Buch fundiertes Wissen, gezeigt an den modernsten Maschinen und Schöpfungen dieses Jahrzehnts. Da keinerlei fachliche Vorbildung vorausgesetzt wird, kann es von jedermann verstanden werden, der dieses Wissen beruflich braucht oder privat nutzen möchte.

Technische Aspekte werden nur dann erklärt, wenn sie für das Verständnis des Ganzen notwendig sind, dafür aber dann im Detail und exakt. Diesem Aufbau folgend wird der Leser feststellen, daß gegen Ende des Buches immer weniger von technischen Einzelheiten, aber mehr von den so wichtigen grundlegenden Konzepten gesprochen wird. Hier soll kein Detail-Wissen vermittelt werden, sondern modernes Verständnis der Informatik.

Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Informatik verlangt heute, daß derjenige, der darüber spricht, die Informatik in ihre Umwelt einzuordnen versteht. Deshalb werden in diesem Buch vielfach Aspekte besprochen, die von wirtschaftlicher als auch organisatorischer Bedeutung sind.

Wenngleich schwerpunktmäßig die Beziehung zwischen Mensch und Maschine im zwölften und dreizehnten Kapitel behandelt wird, war es ein Anliegen des Autors, diesen Aspekt im gesamten Werk nicht aus dem Auge zu verlieren: Informatik sollte so verstanden werden, wie sie eingesetzt werden soll: im Dienste des Menschen.

Insofern wird auch der erfahrene Ingenieur oder Informatiker hier eine hochaktuelle Lektüre finden.

Am Ende des Buches findet sich ein umfangreiches Glossar, das offizielle Begriffsbestimmungen enthält und erklärend weiterhelfen soll.

Dieses Buch ist bewußt nicht als Lehrbuch geschrieben. Eine Vielzahl von Zeichnungen und Bildern als auch kurz gehaltene Kapitel bieten die Möglichkeit zur anregenden Lektüre, selbst nach einem langen Arbeitstag.

Grenoble, im Januar 1984

1 Einführung

Es sei zu Anfang erst einmal die Begriffsbestimmung genannt, die man unter INFORMATIK im Lexikon findet: Informatik = Die Disziplin, die sich mit, mit dem Verstand erfaßbaren, Methoden zur Verarbeitung von Informationen beschäftigt.

So eine Begriffsbestimmung hilft aber auch nicht viel, da immer noch der Begriff Information in der Luft hängt. Dies aber in einem Satz zu beschreiben ist schlichtweg unmöglich. Die beste Begriffsbestimmung hilft nichts, wenn man sich nicht über einen längeren Zeitraum hinweg hineingedacht hat. Deshalb sei der praktische Weg vorgeschlagen, der zunächst die Tatsache in den Mittelpunkt stellt, daß die moderne Informatik ausschließlich mit der sogenannten DIGITALTECHNIK verwirklicht ist. Was DIGITALTECHNIK ist, ist hingegen einfach zu verstehen: „digital“ (lat. „digitus“ = Finger) steht für etwas, was wir mit unseren zehn Fingern machen, nämlich zählen. Aus dem Umgang mit den zehn Fingern zum Abzählen hat sich im Laufe der Menschheitsgeschichte das Zahlensystem entwickelt, das wir heute verwenden: das Zehnersystem mit den Ziffern 0, 1, 2, 3, . . ., 9, entsprechend unseren 10 Fingern. Damit ergibt sich als zweite Begriffsbestimmung im technischen Bereich, daß DIGITAL für etwas steht, was mit Ziffern ausgedrückt wird.

Jetzt hat man schon fast alle Begriffe zusammen! Der COMPUTER, eben die Maschine, die auf der Digitaltechnik basiert, ist im Prinzip nichts anderes als die Maschine, die digital, also ziffernmäßig, arbeitet. Deshalb sagt man manchmal auch der Einfachheit halber anstelle Computer nur RECHNER. Alle weitergehenden Eigenschaften eines Computers basieren auf der Fähigkeit zu rechnen. Gerade in diesen weitergehenden Eigenschaften stecken erstaunliche Möglichkeiten, weshalb hier das Wort COMPUTER weiterverwendet wird und im Laufe der weiteren Kapitel mit mehr und mehr Bedeutung zu füllen ist.

Nun kann man die Frage stellen, warum denn gerade in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts die Digitaltechnik entstanden und in einem solch beeindruckenden Maße gewachsen ist.

Dafür gibt es zwei wesentliche Gründe. Die Naturwissenschaften und die Technik haben in diesem Jahrhundert enorme Fortschritte gemacht. Wenn man von Naturwissenschaften redet, steckt heute immer die Mathematik dahinter. Es gilt zum Beispiel

im Laboratorium Tausende von Ergebnissen aus Experimenten auszuwerten; der Maschinenbauingenieur muß vielerlei Berechnungen ausführen, um eine Turbine zu konstruieren; der Volkswirtschaftler analysiert seine Indizes und der Bankkaufmann verwaltet hunderte von Konten mit tagtäglichen Änderungen usw. Es gibt noch beliebig viele weitere Beispiele dafür, daß sich Menschen Tag für Tag mit dem routinemäßigen Bearbeiten von Zahlen herumschlagen müssen. Nun ist das keine schöpferische Arbeit, so daß es nahelag, Maschinen zu bauen, die diese unangenehme Arbeit erledigen.

Aber diese Einsicht reichte noch nicht aus, denn man muß auch die technischen Möglichkeiten haben, Maschinen zu bauen, die über längere Zeiträume hinweg zuverlässig arbeiten. (Gottlieb Daimler mußte bekanntlich noch regelmäßig die Benzinleitung seines Automobils mit der Hutnadel von Madame „freikämpfen"! Von einem Massenprodukt wie einem modernen Automobil kann man heute erwarten, daß es zwanzigtausend Kilometer läuft, ohne daß man unter die Motorhaube schauen muß.)

Was nun die technischen Möglichkeiten angeht, kam mit Anfang dieses Jahrhunderts die Physik und Elektrotechnik zu Hilfe und zwar mit Entdeckungen und Konstruktionen, die schließlich 1946 zum ersten „elektronischen digitalen Computer" geführt haben, einer Maschine, die wir heute schlichtweg Computer nennen. Er nannte sich ENIAC, was eine Abkürzung für „Elektronischer Numerischer Integrator & Computer" darstellt. Die Idee war, eine Maschine zu bauen, die die zeitraubenden Berechnungen ballistischer Bahnen von Geschossen schneller erledigen könnte. Die Amerikaner versprachen sich von diesem ersten Computer militärischen Nutzen für ihre Artillerie. Der ENIAC kam im Krieg nicht mehr zum Einsatz, gab aber den Startschuß ins Computerzeitalter.

Zur gleichen Zeit entstand in der Zusammenarbeit von Harvard University und International Business Machines Corporation unter dem Namen MARK 1 ein Computer, der schon im Wesentlichen die Strukturen heutiger moderner Rechner aufwies (Bild 1). Diese Maschine hatte nicht den speziellen Zuschnitt auf ein Problem wie der ENIAC, nämlich ballistische Berechnungen, sondern erlaubte bereits getrennte Eingabe von Programm und Daten per Papier-Lochstreifen. Damit war der Grundstein für das Unternehmen gelegt, das bis heute unangefochten Nummer Eins in der Branche ist: IBM.

Die Digitaltechnik hat uns also den Computer beschert. Daneben gibt es aber noch einen technischen Bereich, der heute schon vollständig von der Digitaltechnik beherrscht wird: die

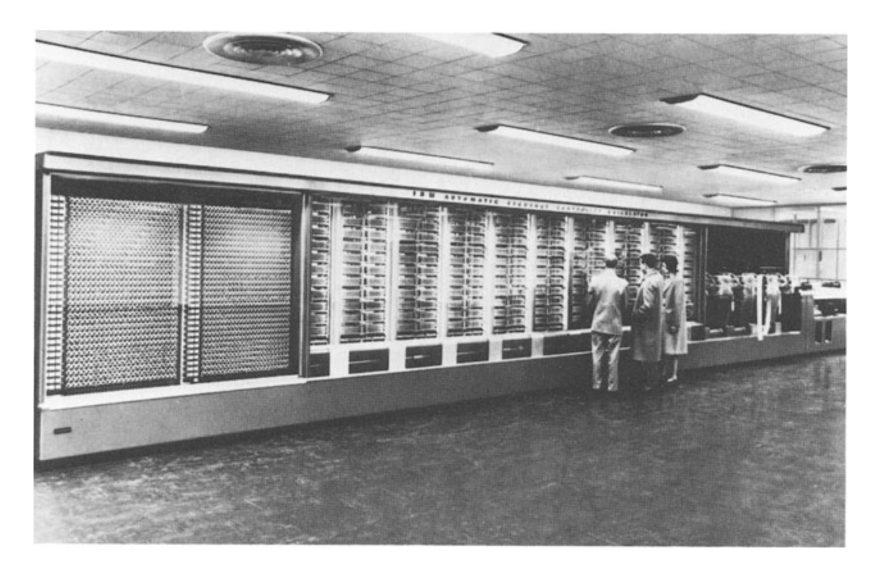


Bild 1: MARK I, gebaut von Howard H. Aiken, Mathematikprofessor an der Universität Harvard, in Zusammenarbeit mit IBM.

KOMMUNIKATIONS-TECHNIK. Das Telefonnetz ist ein Beispiel für Kommunikationstechnik. Darüber hinaus ist es auch ein Beispiel für, vom heutigen Stand der Technik, vollkommen veraltete Technologie.

Um die Problematik zu verstehen, sei dieses Beispiel genauer betrachtet. Wenn zwei Teilnehmer miteinander telefonieren, so wird die menschliche Sprache von einem Mikrofon in dem unteren Teil des Hörers aufgenommen und in ein elektrisches Signal umgewandelt. Das geschieht so, daß beim Sprechen Schallwellen (d. h. Druckschwankungen in der Luft, die den Sprecher umgibt) entstehen und diese auf die Membrane des Mikrofons treffen. Die Membrane ist mechanisch mit einem Magneten verbunden, der in eine Spule aus Kupferdraht eintaucht. Also: die Schallwellen bewegen die Membrane und diese wiederum einen Magneten in einer Spule, wodurch aufgrund elektromagnetischer Induktion an der Spule eine elektrische Spannung erzeugt wird.

Wesentlich ist, daß bei dieser Methode die elektrische Spannung kontinuierlich den Schallwellen folgt. Anders ausgedrückt heißt das, daß die durch den Telefondraht übermittelte Information in einer dauernd schwankenden elektrischen Spannung besteht. Bei dem angewählten Teilnehmer wird die elektrische Spannung durch einen kleinen Lautsprecher in dem oberen Teil des

Hörers wieder in hörbare Schallwellen umgesetzt. Schlecht wird es eben dann, wenn Sie einmal versuchen über den großen Teich hinweg zu telefonieren. Da kracht, zwitschert und rauscht es in der Leitung. Es ist schlichtweg unmöglich, zuverlässig und schnell ohne mehrmaliges Wiederholen Informationen über solch eine Entfernung zu übertragen. Der Grund liegt darin, daß schwache Signale, in der genannten Form von elektrischen Spannungen, leicht durch weitere schwache Signale zu stören sind. Der Empfänger kann also nicht mehr zwischen der eigentlich zu übertragenden Information und den Störungen unterscheiden. Somit ist, im Extremfall, die ausgesandte Information nichts mehr wert.

Aber schon seit langem kennen die Funkamateure eine Lösung: Morsen! Beim Morsen ist das eben sehr einfach: „es piept" oder „es piept nicht". Und aus einer Abfolge von Piepsern und Pausen kann man das ganze Alphabet zusammensetzen, kann also Text und Zahlen übertragen. Dem Empfänger macht es nichts aus, noch neben dem eigentlichen Signal das Rauschen, Brummen und Knacken mithören zu müssen. Er kann die Piepser heraushören, identifizieren. Wesentlich dabei ist, daß die Information in einer Abfolge von Piepsern und Pausen enthalten ist.

Wie bekannt ist, gibt es beim Morsealphabet kurze und lange Signale und kurze und lange Pausen. Die langen Pausen dienen dazu, die einzelnen Buchstaben voneinander zu trennen. Also gilt:

Eine Abfolge von 4 Zuständen, nämlich kurze Piepser, lange Piepser, kurze Pause und lange Pause, kann jeglichen Text darstellen und übertragen! Das Umsetzen von Text in eine Abfolge von etwa den genannten 4 Zuständen nennt man CODIEREN. Die Gebrauchsanweisung, etwa in Form einer Tabelle, nennt man den CODE.

Der Morsecode ist ein Beispiel für digitale Informationsübermittlung. Es gibt noch andere Codes, die in der Digitaltechnik heute bestimmend sind und diese werden in den folgenden Kapiteln behandelt. Selbstverständlich wird dabei das Codieren nicht nur von Hand per Morsetaste erledigt. Dafür gibt es entsprechende elektronische Geräte.

Allen diesen Codes sind die gerade beschriebenen Vorteile der digitalen Informationsübermittlung gegenüber der mittels kontinuierlich schwankender Signale (z. B. Telefon, wie oben beschrieben) gemein. Deshalb verwendet man heutzutage für neue Installationen nur noch die digitale Methode. Die einzige, wenn auch aufgrund des Umfangs nicht zu übersehende Ausnahme, ist unser Telefonnetz. Jedoch stellt auch bereits die Post um, wenngleich für den Benutzer nicht sofort erkennbar. Es ist damit zu

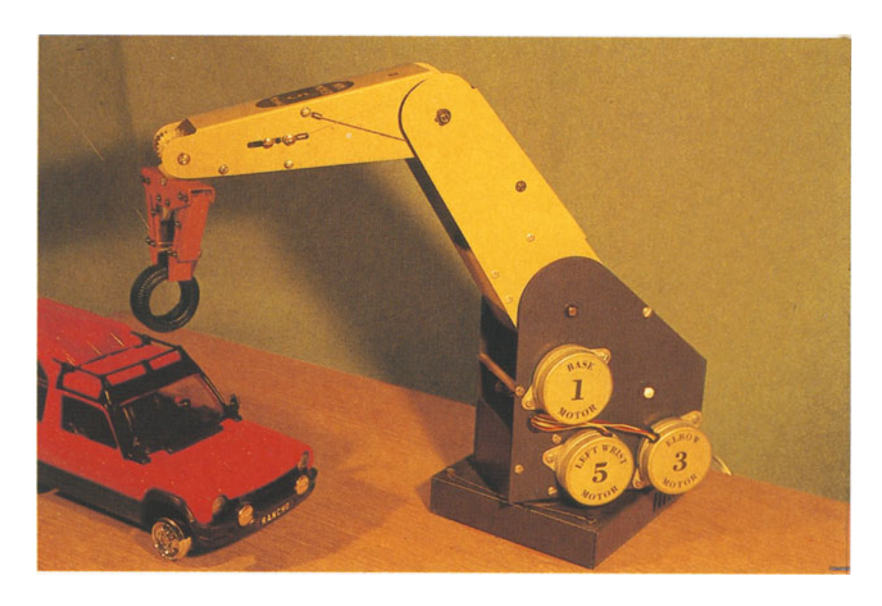


Bild 2: Kleinroboter im Einsatz zu Demonstrationszwecken.

rechnen, daß das gesamte Telefonnetz Anfang der 90-er Jahre digitalisiert sein wird. Dann aber werden Telefonate auch auf längsten Entfernungen erstklassige Qualität bieten können.

Neben den genannten Anwendungen der Digitaltechnik, Computer und Kommunikation, erscheint es nur naheliegend die Digitaltechnik auch noch dafür einzusetzen, Maschinen mechanische Arbeit verrichten zu lassen. Welcher Art eine solche Maschine auch sein mag, das typischste Beispiel dafür ist wohl, daß ein Computer einen Roboter steuert. Daran sei im folgenden kurz gezeigt, warum auch hier die Digitaltechnik unumgänglich ist.

Man denke an einen Schweißroboter in der Automobilindustrie. Dieser besteht aus einigen Elektromotoren, die ein mehr oder weniger kompliziertes System von hydraulischen Druckleitungen antreiben. Damit kann der Roboter seinen mechanischen Arm in gewissen Freiheitsgraden bewegen. Ein Motor Nr. 1 dreht den Arm nach links, ein Motor Nr. 2 hebt den Arm, ein dritter Motor dreht den Greifer usw. (Bild Nr. 2). Also vom mechanischen Standpunkt noch nichts Weltbewegendes. Schwierig wird es dann, wenn der Roboter eine konkrete Aufgabe auszuführen hat. Angenommen der Roboter schweißt ein Dach auf eine Karosserie eines Autos. Das Dach wird sicher nicht gerade sein wie ein Lineal und es bedarf Schweißnähte größerer Dichte an den Dachholmen.

Das alles soll auch noch schnell gehen. Dazu muß beispielsweise der Motor Nr. 1 den Arm 3 Millimeter nach links drehen, zur gleichen Zeit senkt Motor Nr. 2 den Arm um 8 Millimeter ab und eine zehntel Sekunde später soll der Greifer um 20 Grad nach rechts drehen usw. . . .

Alles in allem heißt das, daß dem Roboter in kürzester Zeit eine Fülle von Befehlen übermittelt wird. Zudem müssen die Informationen absolut eindeutig vom Roboter verstanden werden. Das schließt bereits eine störempfindliche Technologie, wie sie zum Beispiel beim Telefonieren verwendet wird, aus.

Der erste Industrieroboter wurde 1950 von der Firma SWANSON in den USA gebaut. Er diente dazu, in der Fertigung Kleinteile zusammenzusetzen. Vom heutigen Stand nennen wir eine solche Maschine nur noch Bestückungsautomat. Seit den fünfziger Jahren wurden gewaltige Fortschritte gemacht! Einerseits in der Mechanik und andererseits bei den steuernden Computern sowie der Kommunikation zwischen Computer und Roboter. Es gibt heute Roboter, die eine Tonne Gewicht heben können und deren Arme sich mit bis zu 4 m/sec bewegen! Das alles wird mit sehr schnellen Computern kontrolliert, damit der Kraftprotz nicht eine ganze Fabrik in Trümmer schlägt, weil der Computer zu spät gebremst hat.

Digitaltechnik ist, wie in den genannten drei wesentlichen Anwendungsbereichen, immer nichts weiter als die Technologie, Information zu handhaben. Wie geht man nun mit Informationen um? Dabei unterscheidet man grundlegend vier Bereiche: Informationen darstellen, speichern, transportieren und verarbeiten.

2 Grundlagen der Informationsverarbeitung

2.1 Was ist eine Information?

Aufgrund der Bedeutung des Begriffes „Information“ sei diesem nachfolgend ein ganzer Abschnitt gewidmet. Es gab diesen Begriff schon bevor es Computer gab und somit sollte er auch ohne Bezug zu diesen verstanden werden. Deshalb wird die folgende Begriffsbestimmung unverzüglich an Beispielen erläutert.

Begriffsbestimmung INFORMATION: Eine Information ist ein, direkt oder indirekt, sinnlich wahrnehmbares Etwas, das in bezug auf ein bekanntes Normensystem eine Bedeutung ausmacht.

Stellen Sie sich ein weißes Blatt Papier DIN A5 vor, auf dem geschrieben steht: 8:30 Kaffee. Automatisch lesen „8 Uhr 30 Kaffee“. Mit dem Wort „Uhr“ bewegen wir uns alle in einem selbstgewählten und akzeptierten Normensystem. Für einen Erwachsenen ist das selbstverständlich. Trotzdem ist unser Zeitmeßsystem mit 24 Stunden per Tag kein Naturgesetz, wie etwa das Gravitationsgesetz, nach dem jeder Apfel vom Baum auf den Boden fällt und nicht in den Himmel fliegt. Konfrontieren wir aber ein kleines Kind mit diesem Beispiel: Für das Kind ist es selbstverständlich, daß der Apfel auf den Boden fällt, aber er versteht nicht notwendigerweise die Bedeutung von „8:30 Kaffee“. Aus diesem Grund gibt es Kinderbücher, die die Uhr erklären. Aber selbst für Erwachsene gibt es kein Buch, das begründet, warum der Apfel auf den Boden fällt. Isaac Newton ist in der Physik damit berühmt geworden, die Gesetzmäßigkeiten hinter diesem Vorgang aufgedeckt zu haben. Aber erklären kann es niemand.

Das weiße Blatt mit „8:30 Kaffee“ stellt also eine Information dar, die sinnlich aufgenommen werden kann, z. B. mit den Augen. Sie erzeugt beim Leser einen Bezug auf ein bekanntes Normensystem, nämlich unsere Uhr. Diese Information wird als DIREKT bezeichnet, weil der Mensch sie ohne weitere Hilfsmittel mit einem seiner fünf Sinne erfassen kann.

Ein Beispiel für eine INDIREKTE Information ist etwa, „8:30 Kaffee“ auf ein Diktiergerät aufzusprechen. Die Information befindet sich in der Magnetbandkassette des Diktiergerätes

und ist für den Menschen in dieser Form direkt nicht zugänglich. Es bedarf eines Wiedergabegerätes, um die auf Magnetband gespeicherte Information über einen Lautsprecher wiederzugeben, damit wir sie mit dem Ohr wahrnehmen können.

Die direkte Information ist also ein ziemlich alter Hut. Aber mit den technologischen Fortschritten der letzten Jahrzehnte gewann die indirekte Information immer mehr an Bedeutung. In einem einfachen Fernsehgerät zum Beispiel wird während des Betriebes zwischen seinen Baugruppen eine riesig große Anzahl von Informationen ausgetauscht. Schließlich muß ja alles, was über die Antenne hereinkommt auf dem Bildschirm Punkt für Punkt dargestellt werden. Öffnet man aber ein Fernsehgerät, so sieht man von alledem rein gar nichts. Dafür gibt es Meßinstrumente, mit denen man elektrische Signale in optische umsetzen kann, etwa in der Form der Anzeige mit einem Zeiger auf einer Skala oder dem Schirm eines Oszilloskopes. Der Grund, warum immer mehr Informationen in Form von indirekten Informationen bearbeitet werden, liegt darin, daß der Mensch eine nicht veränderbare Konstruktion ist und nur mit einer beschränkten Geschwindigkeit lesen, schreiben oder reden kann. Da es heute technisch möglich ist, Maschinen zu bauen, die schneller schreiben oder rechnen können als der Mensch, macht es Sinn, gewisse Aufgaben der Informationsbearbeitung diesen Maschinen zu übertragen.

2.2 Wie stellt man eine Information dar?

Aus den in der Einführung genannten Gründen (Telefon!) werden wir uns im weiteren nur noch mit der digitalen Darstellung von Informationen befassen. Dabei sei noch einmal Bezug genommen auf das Beispiel des Morsens. Es wurde festgestellt, daß jegliche Informationen durch eine Folge von 4 verschiedenen Zuständen dargestellt werden können. Aber solche 4 Zustände sind für die moderne Digitaltechnik zuviel. Aus technischen Gründen, die in Kapitel 3 dargelegt werden, arbeitet man ausschließlich mit nur 2 unterschiedlichen Zuständen. Das kann etwa sein: *Spannung vorhanden* oder *nicht*. Ob nun etwa Spannung vorhanden ist oder nicht, läßt sich immer präzise und schnell ermitteln (Anschließen einer Lampe zum Beispiel). Und das, was hier so einfach und elementar klingt, ist auch die Grundlage für die leistungsfähigsten Computer, die heute gebaut werden. Das Bild Nr. 3 zeigt die Frontseite eines technischen Computers der Gegenwart, bei dem man gut eine Reihe von Leuchtanzeigen, genau sind es 16, erken-

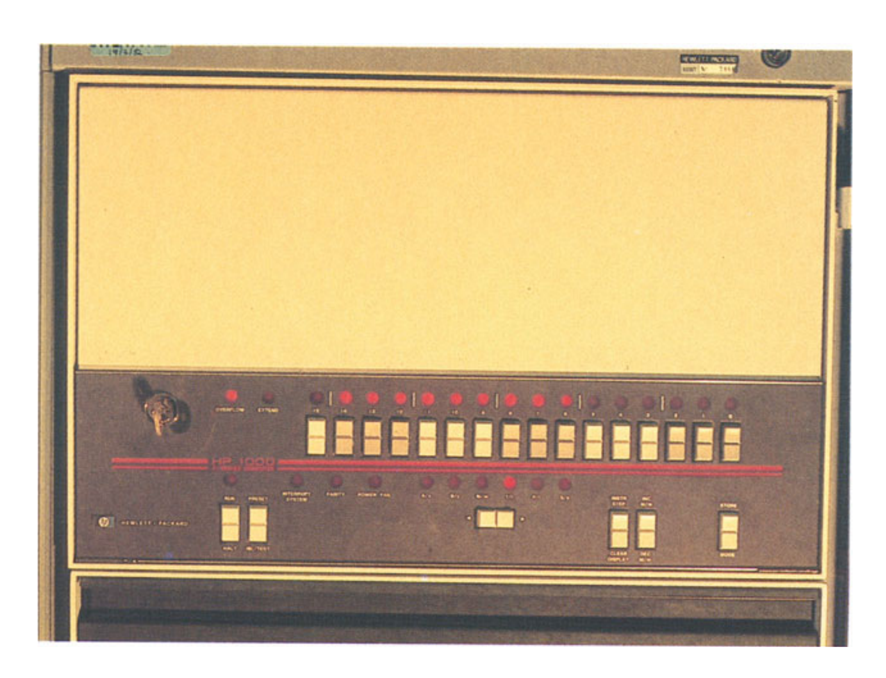


Bild 3: Frontansicht eines technischen Computers.

nen kann. Damit kann der Programmierer in den Computer ‚hineinschauen' und feststellen, was wo wann gespeichert ist oder verarbeitet wird. Wenn der Computer in einer Anwendung mit voller Geschwindigkeit läuft, so flackern die Lampen so schnell, daß das menschliche Auge nichts mehr an Informationen ablesen kann. Aber zum Installieren oder Reparieren kann man den Computer derart verlangsamen, daß man alle seine Funktionen Schritt für Schritt verfolgen kann.

Wir werden eine solche Reihe von Leuchtanzeigen nicht bei jedem Computer finden. Der Grund dafür ist, daß man aus Kostengründen gerne darauf verzichtet und dieselben Informationen auf einem sogenannten TERMINAL (ein Gerät zur Ausgabe von Informationen auf einem Bildschirm sowie einer Tastatur zur Eingabe) darstellt (vgl. Bild Nr. 4).

Mindestens ein Terminal gehört heute zu jedem Computer, da sich mit der Bildröhre vom Computer ausgesandte Informationen schnell, preiswert und übersichtlich darstellen lassen.

Computer arbeiten also mit nur 2 Zuständen. Nun geht es darum, mittels nur 2-er-Zustände Informationen darzustellen. Angenommen, dem Computer soll die Zahl „fünfhundertneunund-



Bild 4: Das Terminal: das Gerät zur Kommunikation zwischen Mensch und Maschine.

dreißig“ mitgeteilt werden. „fünfhundertneununddreißig“ ist schon etwas sehr reelles, je nachdem, ob es sich um „fünfhundertneununddreißig“ Leute, Kilogramm oder Deutsche Mark handelt. Um aber dieses Datum dem Computer mitteilen zu können, muß man es aufschreiben oder über eine Tastatur eintippen können. Sicherlich wird man wohl nicht „fünfhundertneununddreißig“ eintippen, sondern kurz „539“. Aber Achtung, das ist nicht dasselbe, wie schon das Schriftbild zeigt. Da wir wie selbstverständlich das Zehnersystem unterstellen, repräsentiert „539“ eben „fünfhundertneununddreißig“, denn

„fünfhundertneununddreißig“ $= \underline{5} \times 100 + \underline{3} \times 10 + \underline{9} \times 1$,
oder
anders geschrieben $= 5 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 9 \times 10^0$.

Mit dem uns geläufigen Zahlensystem, dem Zehnersystem, arbeiten wir mit 10 verschiedenen „Zuständen", die wir mit 0, 1, 2, 3, 4, . . . 8, 9 bezeichnen. Der Computer hat aber nur 2 (Spannung vorhanden oder nicht). Er muß also in einem anderen Zahlensystem arbeiten, nämlich dem Zweiersystem, auch DUALSYSTEM genannt. Darin gibt es nur 2 verschiedene Ziffern, aus denen dann alle anderen Zahlen zusammengesetzt werden. Der Einfachheit halber stellt man diese beiden Ziffern durch 0 und 1 dar. *0* ist im Computer durch den Zustand *„keine Spannung"* dargestellt, die *1* durch *„Spannung vorhanden"*. Es macht also kein Problem im Dualsystem die Zahlen „null" und „eins" darzustellen: „null" = 0, „eins" = 1. Für die Zahl „zwei" haben wir im Zehnersystem kein Problem: „zwei" = 2. Im Dualsystem gibt es aber keine 2, also muß man die „zwei" durch eine Kombination aus 0 und 1 darstellen. Man verfährt dabei genauso wie beim Zehnersystem zur Darstellung großer Zahlen: Aneinanderreihen von Ziffern. Die ersten Zahlen im Dualsystem sehen dann so aus:

null	0	neun	1001
eins	1	zehn	1010
zwei	10	elf	1011
drei	11	zwölf	1100
vier	100	dreizehn	1101
fünf	101	vierzehn	1110
sechs	110	fünfzehn	1111
sieben	111	sechzehn	10000
acht	1000	usw.	

Dieses Prinzip kann man auch in einer exakten Formel beschreiben, die derjenigen des Zehnersystems entspricht: Oben haben wir gesehen, daß die Ziffern einer Zahl sich je nach ihrer Position in der Aufschreibung auf Einer oder Zehner oder Hunderter oder Tausender usw. beziehen. Das sind eben gerade die Potenzen von 10:

$10^0 = 1$; $10^1 = 10$; $10^2 = 100$; $10^3 = 1000$; usw.
Im Dualsystem ersetzen wir die Basis 10 durch die Basis 2:
$2^0 = 1$; $2^1 = 2$; $2^2 = 4$; $2^3 = 8$; $2^4 = 16$;
$2^5 = 32$; $2^6 = 64$; $2^7 = 128$; $2^8 = 256$; $2^9 = 512$ usw.

Damit stellt sich die Zahl „zweihundertsechsundfünfzig" im Dualsystem wie folgt dar: 100000000. Die Zahl „fünfhundert-

neununddreißig“ stellt sich im Dualsystem dar als 1000011011, was im Dualsystem bedeutet

$$\begin{aligned} & 1 \times 512 \\ + & 1 \times 16 \\ + & 1 \times 8 \\ + & 1 \times 2 \\ + & 1 \times 1 \end{aligned}$$

Dabei sind die fünf Nullen in 1000011011 nicht ausmultipliziert worden, weil dabei ja immer Null herauskommt.

Die technischen Gegebenheiten der Maschine Computer zwingen uns also das vertraute Zehnersystem zeitweise zu verlassen, um mit dem ungewohnten Dualsystem zu arbeiten. Die aufgeführten Beispiele zeigen wohl auch, daß große Zahlen durch ziemlich lange Würmer aus 0 und 1 dargestellt werden müssen. Damit werden solche Zahlen schwierig lesbar. Aber alles in allem ist das nicht beunruhigend, da einerseits Computer die Umsetzung von Zehner- auf Dualsystem automatisch machen und es andererseits eine Methode gibt, die Dualdarstellung noch zu vereinfachen. Das sei im folgenden Kapitel genauer betrachtet.

2.3 Der BCD-Code und das Hexadezimalsystem

Im vorigen Kapitel wurde gezeigt, wie man Zahlen im Dualsystem darstellt. Dadurch, daß man gewohnt ist, im Zehnersystem und nicht im Dualsystem zu denken, macht es Schwierigkeiten insbesondere große Zahlen, die dual geschrieben sind, zu entschlüsseln. Für kleine Zahlen, wie die von 0 bis 9, kann man ja die im vorigen Kapitel angelegte Tabelle zur Hand nehmen. Nach kurzer Zeit kennt man sie auswendig. Aus dieser Überlegung heraus ergibt sich der Schritt zum sogenannten BCD-Code, bei dem Zahlen nicht als ganzes codiert werden, sondern Ziffer für Ziffer.

Wir wollen das am Beispiel der Zahl ‚fünfhundertneununddreißig‘ betrachten. Dazu nehmen wir die Zahl 539 Ziffer für Ziffer auseinander, als 5, 3 und 9 und codieren jede Ziffer einzeln gemäß dem Dualcode:

5 = 0101; 3 = 0011; 9 = 1001.

Dann setzen wir die Einzelcodierungen in der entsprechenden Reihenfolge wieder zusammen:

539 = 010100111001 ist das Ergebnis in BCD.

Damit wird auch das Lesen von BCD-Zahlen sehr einfach: Da jede Ziffer einzeln codiert ist und sich die Ziffern 0, 1, 2, 3, . . . 9 durch 0000, 0001, 0010, 0011, . . . 1001 dual darstellen lassen, entspricht in einer BCD-Zahl immer genau ein Vierblock aus Nullen und Einsen einer Dezimalziffer. Zum Lesen zerhackt man also eine BCD-Zahl in Vistererblöcke und decodiert jeden Block einzeln:

BEISPIEL: Die BCD-Zahl 010100111001 soll gelesen werden! Man zerlege sie in Viererblöcke aus Nullen und Einsen, also 0101, 0011 und 1001. Jeder Block wird einzeln gemäß der Tabelle im vorigen Kapitel decodiert: 0101 = 5, 0011 = 3 und 1001 = 9. Als ganzes zusammengesetzt ergibt das 539.

Dieser BCD-Code wird tatsächlich angewendet und erleichtert wesentlich den Umgang mit Dualzahlen. Die Abkürzung BCD steht für „Binär Codierte Dezimalzahlen“ (Dezimalzahlen = Zehnerzahlen, Binär = Dual, womit man auch „Dual Codierte Zehnerzahlen“ sagen kann. BCD ist aber der übliche international verwendete Audruck, z. B. im englischen: Binary Coded Decimal).

Arbeitet man nun mit Dualzahlen, die sich eben als ein Schwanz aus Nullen und Einsen darstellen, so sieht man der Zahl selbst nicht an, ob sie dual, gemäß vorigem Kapitel, oder BCD codiert ist. Im Zweifelsfalle ist dies getrennt zu vermerken, etwa durch einen Index:

$$010100111001_{BCD} = 1000011011_{DUAL} = 539_{Zehnersystem}$$

Betrachtet man die angestellte Überlegung aus einem anderen Blickwinkel, so kommt man zu einem weiteren interessanten Ergebnis: Wir haben gesehen, daß sich mit 4-stelligen Dualzahlen die Zahlen von 0 bis höchstens 15 darstellen lassen, nämlich durch 0000 bis 1111. Die 16 würde schon Überlauf auf die 5-te Stelle als Dualzahl bedeuten: 16 = 10000. Im BCD-Code nutzt man aber jeweils nur die Codierungen von 0 bis 9 aus. Es werden also niemals die Codierungen für 10, 11, 12, 13, 14 und 15 verwendet, denn durch die Codierung Ziffer für Ziffer schreibt man ja in BCD 00010000, 00010001, 00010010, 00010011, 00010100 und 00010101.

Im BCD-Code werden also bestimmte Kombinationen gar nicht benutzt, weshalb man einen solchen Code auch einen REDUNDANTEN Code nennt.

Betrachtet man die Zahl „vierzehn“, so gilt

$$14_{Zehnersystem} = 1110_{DUAL} = 00010100_{BCD},$$

d. h. daß sie im BCD-Code doppelt so viel Platz braucht wie im

Dualcode. Zahlen brauchen aber nicht nur Platz beim Aufschreiben auf Papier, sondern auch zur Verarbeitung in einem Computer. Beim Speichern auf Magnetband gilt genauso die Regel, daß doppelt so lang auch doppelt soviel Platz braucht. Hat man ein Computersystem, das entsprechend groß dimensioniert ist, stellt der Bedarf an Speicherplatz kein Problem dar. Bei kleineren, preiswerten, eventuell tragbaren Geräten wird man je nach Anwendung früher oder später aber an die Grenzen stoßen, wenn man derart Speicherplatz vergeudet: Man kann es sich nicht leisten, mit einen redundanten Code wie beim BCD-Code zu arbeiten!

Um dennoch bei dem bequemen Prinzip der Codierung Ziffer für Ziffer zu bleiben, verfährt man wie folgt:

Die Zahlen 0 bis 9 werden wie bekannt codiert: 0000 bis 1001. Um die restlichen Codierungen auszunutzen, erweitert man künstlich die Menge der Dezimalziffern um Buchstaben A, B, C, D, E und F. Diese Buchstaben dienen als Symbole und stellen Ziffern dar, selbst wenn wir sie intuitiv erst einmal als Buchstaben wahrnehmen. Es stehen uns damit also 16 Ziffern in einem neuen Zahlensystem zur Verfügung:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E und F.

Wir bewegen uns mit solchen Ziffern also nicht mehr im Zehnersystem, sondern in einem „Sechzehner"-System, was allgemein mit HEXADEZIMALSYSTEM bezeichnet wird.

Zehner-system	Dual-system	BCD	Hexa-dezimalsystem
0	0	0000	0
1	1	0001	1
2	10	0010	2
3	11	0011	3
4	100	0100	4
5	101	0101	5
6	110	0110	6
7	111	0111	7
8	1000	1000	8
9	1001	1001	9
10	1010	10000000	A
11	1011	10000001	B
12	1100	10000010	C
13	1101	10000011	D
14	1110	10000100	E
15	1111	10000101	F
16	10000	10000110	10
usw.			

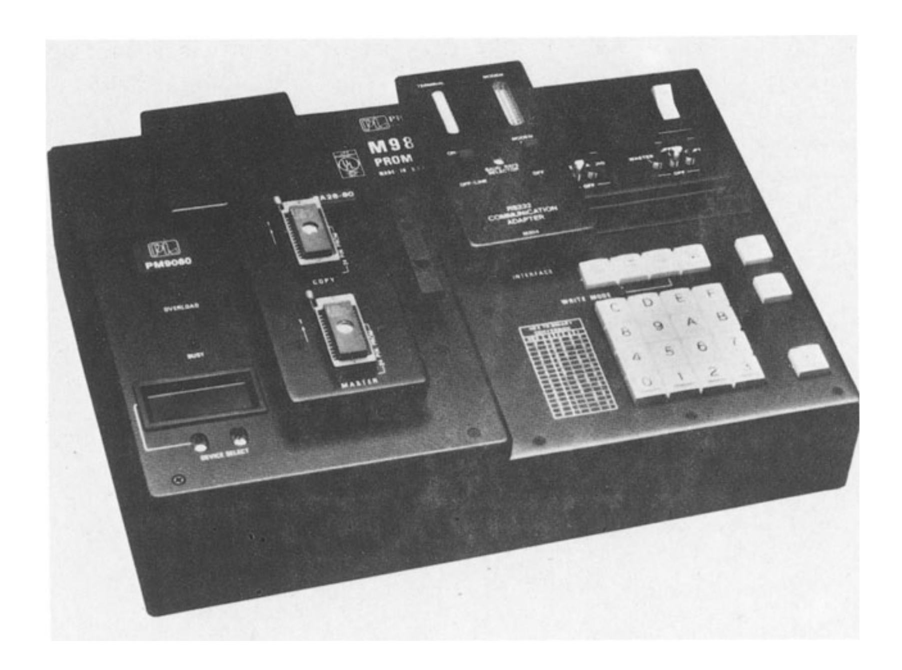


Bild 5: Gerät zum Einbrennen von Informationen in integrierte Schaltkreise (PROM-Burner).

Man erkennt gut, daß mit den Hexadezimalzahlen von 0, 1, 2, . . . F alle Möglichkeiten der 4-stelligen Kombination aus Nullen und Einsen ausgeschöpft werden. Größere Zahlen als fünfzehn werden dann entsprechend wie im Zehnersystem durch mehrstellige Hexadezimalzahlen dargestellt, z. B. 9FD3 steht für:

$$9 \times 16^3 + F \times 16^2 + D \times 16^1 + 3 \times 16^0 = 40915_{\text{Zehnersystem}}.$$

Das Bild Nr. 5 zeigt einen Kleinstcomputer, mit dem Integrierte Schaltkreise durch Einbrennen mittels schwacher Stromstöße programmiert werden. Dort ist deutlich die Tastatur zum direkten Eingeben von Hexadezimalzahlen zu erkennen. Wir werden später noch auf ähnliche Konstruktionen eingehen.

2.4 Speichern von Informationen

Bevor man Daten verarbeiten, manipulieren will, muß man sie erst einmal an einem Platz ablegen, damit der Computer auf sie zugreifen kann. Danach muß ebenfalls ein Platz vereinbart wer-

den, auf dem der Computer Daten ablegt, damit der Benutzer auf diese zugreifen kann. Nicht zuletzt braucht der Computer selbst Platz, um seine Arbeit auszuführen, etwa um Zwischenergebnisse abzulegen.

Es ist genauso als ob man eine Rechnung von Hand ausführt. Bevor man anfängt mit Zahlen zu rechnen, schreibt man diese auf ein Papier. Man braucht Platz, um Zwischenergebnisse auszurechnen und um irgendwo das Ergebnis hinzuschreiben. Dabei sollte auch klar sein, was wo steht. Das Verwechseln eines Zwischenergebnisses mit dem Endergebnis kann bedeutende oder auch fatale Folgen haben. Insgesamt besteht also bei einem Computer die Notwendigkeit, Daten zu speichern. Das kann auf verschiedene Arten geschehen und zwar abhängig davon, was mit den Daten gemacht werden soll. Die Prinzipien seien im folgenden erklärt.

Eine wohl bekannte Methode, Informationen zu speichern, wenn auch nicht digitale, ist die mittels eines Tonbandgerätes. Etwas modifizierte Tonbandgeräte kommen auch in der Computerei zum Einsatz und heißen korrekt Magnetbandspeicher. Das Prinzip ist dasselbe wie beim Tonbandgerät. Ein magnetisierbarer Datenträger, in Urzeiten einfach Draht, heutzutage ausschließlich eine Kunststofffolie, auf die ein Brei aus magnetisierbarem Material, etwa Eisenoxid oder Chromdioxid, aufgebracht ist, wird mittels eines Motors an einer Spule, genannt Tonkopf, vorbeigeführt. Diesem Tonkopf wird ein Strom zugeführt, der proportional den Schallwellen folgt, die z. B. von einem Mikrofon aufgenommen wurden. Das von dem Tonkopf erzeugte magnetische Feld richtet die magnetisierbaren Partikel in der Trägerschicht entsprechend dem eingegebenen Strom aus. Wird das Magnetband keinem weiteren magnetischen Feld ausgesetzt, so bleibt die Information gespeichert. Spielt man dann das Tonband oder die Cassette ab, so passiert genau das umgekehrte: Das am Tonkopf vorbeiziehende Band induziert in ihm eine Spannung, die der gespeicherten Information entspricht. Das System funktioniert so gut, daß viele sogenannte Heimcomputer (Computer der unteren Preisklasse zum privaten Einsatz: Haushaltskasse verwalten, Spiele auf dem Fernsehbildschirm, Lernprogramme etc.) handelsübliche Cassettenrecorder als preiswerte Speichergeräte verwenden. Nun gibt es zwei Gründe, weshalb diese Technik in der genannten Form bei professionellen Computern nicht angewendet wird.

Erstens ist die Anzahl der Daten, die man auf einer gegebenen Länge Band aufzeichnen kann, außerordentlich gering. Andersrum ausgedrückt heißt das, daß man für eine gegebene Menge von Daten viel Zeit für Aufzeichnen bzw. Wiedergabe braucht.

Somit verbrächte der Computer selbst die meiste Zeit mit Warten und die Leistung des gesamten Systems wäre gering. Bei Heimcomputern stört das nicht, weil die Computer selbst nicht besonders schnell sind.

Das zweite Problem liegt darin, die Daten nach der Aufzeichnung wieder zu finden. Bei einem Tonbandgerät kann man dazu das Zählwerk benutzen. Aber jedermann hat wohl schon die Erfahrung gemacht, daß das nicht besonders genau arbeitet. Man braucht also eine andere Methode, um Daten auf einem Band zu identifizieren. Und das geht so: Die Daten auf einem Computerband werden nicht kontinuierlich aufgezeichnet wie die Musik auf einer Cassette! Soll ein gegebener Datensatz auf ein Computerband aufgezeichnet werden, so setzt das Magnetbandgerät zuerst einen Anfangsblock auf das Band, der zum Identifizieren der nachfolgenden Daten dient. Danach werden die Daten aufgezeichnet und abschließend setzt das Magnetbandgerät einen Ende-Block ab. Dann wird das Band ein Stück weitertransportiert, ohne es zu beschreiben. Mit dem nächsten Datensatz wiederholt sich das ganze Spiel. Die drei Blocks Anfangsblock, Datenblock und Ende-Block nennt man zusammen einen RECORD. Somit sieht also ein beschriebenes Magnetband in der Computeranwendung wie in Bild 6 aus. Bild 7 zeigt ein Magnetbandgerät, die Maschine, mit der also ein Magnetbandspeicher realisiert ist.

Der ruckweise Transport des Computerbandes im Gegensatz zu einer Musikcassette, verlangt eine vollständig andere Mechanik als die eines Tonbandgerätes. Um auf einem Computerband einen gewünschten Datenblock zu finden, müssen alle Anfangsblöcke der davorliegenden Records gelesen werden. Erst wenn die aus einem Anfangsblock ausgelesene Identifizierung mit der ge-

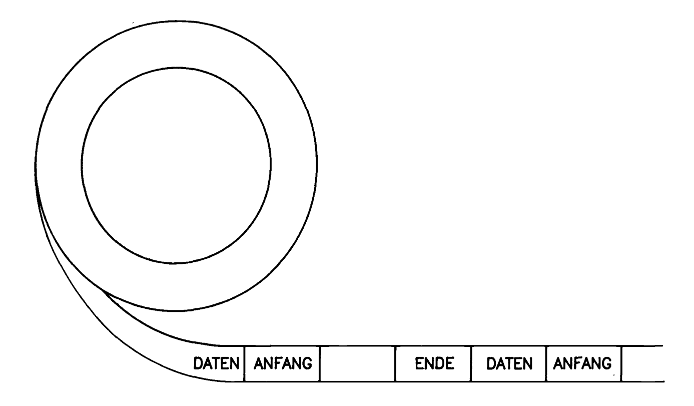


Bild 6: Aufzeichnung auf Magnetband.

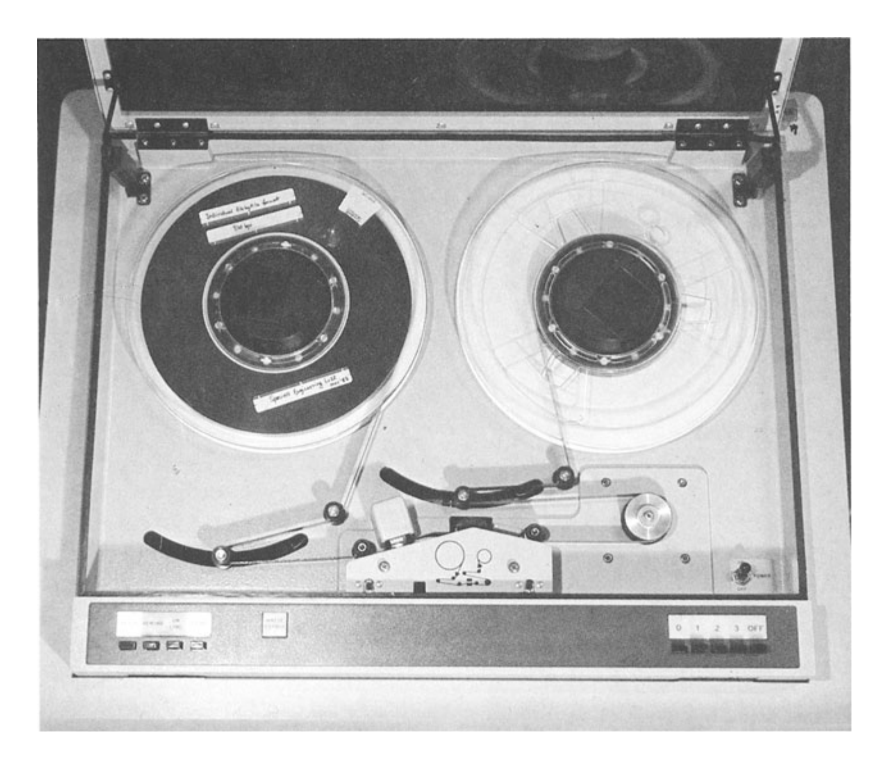


Bild 7: Magnetbandgerät zum Anschluß an einen Computer.

wünschten übereinstimmt, werden die nachfolgenden Daten in den Computer gelesen.

Die genannte Methode erscheint nun sicherlich etwas langsam mit all den Stops und Wiederanläufen, – es ist ein regelrechter Zuckelbetrieb! Außerdem verliert man viel Platz zwischen den Records, wo keine Informationen gespeichert werden können. Diesen Platz aber braucht man, um das Band abbremsen bzw. wieder beschleunigen zu können. Daß es dennoch sinnvoll ist, in der Computerei so zu verfahren, liegt daran, daß es sich im Gegensatz zum Tonbandgerät um eine DIGITALE AUFZEICHNUNG handelt. Damit können Daten mit sehr hoher Geschwindigkeit auf das Band geschrieben werden, oder anders ausgedrückt, die Information ist auf dem Band in großer Dichte gespeichert. Das sei kurz erklärt.

Beim Tonbandgerät handelt es sich um eine Aufzeichnung, bei der das vom Tonkopf erzeugte Magnetfeld proportional dem Signal, etwa den von einem Mikrofon aufgenommenen Schallwel-

len folgt. Kleinste Abweichungen im Prozeß des Aufzeichnens sind bei der Wiedergabe sofort auszumachen (ein schlecht justierter Tonkopf in einem Cassettenrecorder läßt die Musik dumpf klingen).

Das taugt also nicht für Computer, wo Informationen eindeutig gelesen werden müssen. Man geht deshalb so vor, daß man für das vom Tonkopf erzeugte, das Band magnetisierende Feld, nur genau 2 Magnetisierungszustände als bedeutend ansieht, etwa „Südpol oben, Nordpol unten" und „Südpol unten, Nordpol oben". Kleine Abweichungen oder Störungen bei Aufzeichnung oder Wiedergabe lassen dann noch immer eine der Magnetisierungsrichtungen erkennen. Damit kann man die Geschwindigkeit erhöhen, mit der man Daten auf das Band schreibt bzw. von ihm abliest, heraufschrauben.

Da Geschwindigkeit in der Computerei einen wesentlichen Teil der Leistungsfähigkeit eines ganzen Systems darstellt, bieten alle Magnetbandspeicher zusätzlich die Möglichkeit, gleichzeitig mehrere Spuren auf dem Band zu beschreiben. So werden Tonköpfe verwendet, in denen 7 oder 9 Spulen untergebracht sind, d. h. es werden gleichzeitig 7 oder 9 Spuren auf das Band geschrieben oder vom Band gelesen. Gegenüber einem Tonkopf mit nur einer Spule können damit pro Zeiteinheit eben 7 oder 9 mal mehr Informationen geschrieben oder gelesen werden.

2.4.1 *Plattenspeicher*

Im vorigen Kapitel wurde besprochen, wie Magnetbandgeräte zum Speichern von Informationen eingesetzt werden. Die Notwendigkeit, sich beim Lesen einer gewünschten Information über alle davorliegenden Anfangsblöcke durchtasten zu müssen, lassen diese Speichermethode für viele Zwecke als noch zu langsam erscheinen.

Der Lösungsansatz ist schon in unserem technischen Alltag vorhanden: Es ist ganz einfach der Vorteil der Schallplatte gegenüber der Musikcassette. Will man ein Musikstück auf einer Cassette finden, so muß man eben entsprechend lange vorspulen und verliert Zeit. Bei einer Schallplatte positioniert man lediglich den Tonarm auf eine andere Stelle. Dieses Prinzip überträgt man in die Digitaltechnik. Selbstverständlich kann man keine gepreßte Plastikscheibe wie eine Schallplatte nehmen, weil auf dieser die Information einmalig und zwar durch den Herstellungsprozeß aufgebracht ist und nachträglich nicht mehr zu ändern ist. Magnetische Datenträger wie Magnetbänder lassen sich hingegen jederzeit lö-

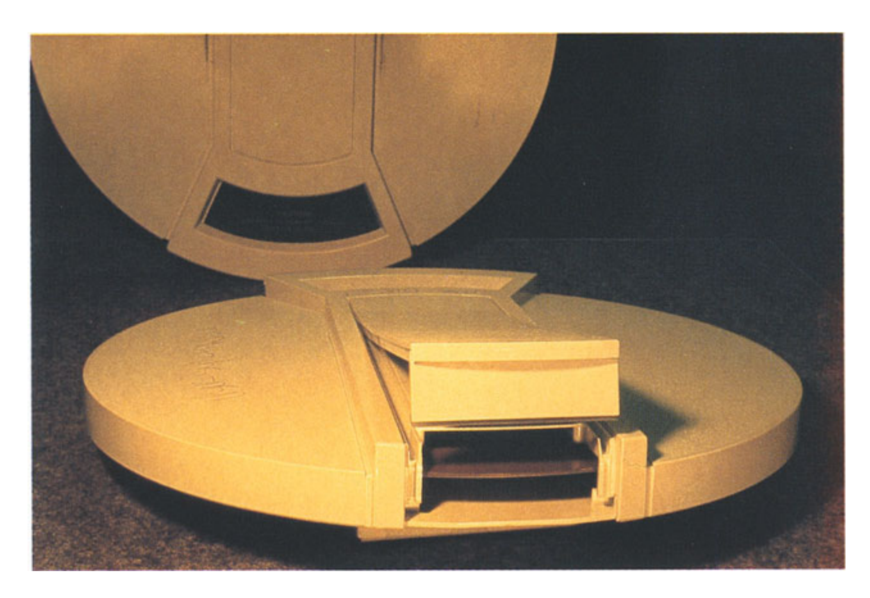


Bild 8: Magnetplatte in Schutzhülle.

schen und wieder neu beschreiben. Packt man nun die Vorteile von magnetischen Datenträgern und Platte in eine Konstruktion, so kommt man zu den sogenannten Magnetplattenspeichern, kurz Plattenspeicher genannt. Bild 8 zeigt eine solche Magnetplatte, die im Durchmesser nur geringfügig größer ist als eine Langspielplatte. Auf der Oberfläche befinden sich *keine* Rillen, sondern der schon vom Tonband her bekannte braune Brei aus magnetisierbaren Partikeln. Zum Beschreiben und Lesen dieser Magnetplatte werden im Prinzip die gleichen Tonköpfe verwendet, wie sie schon von den Magnetbandspeichergeräten bekannt sind. Nur muß der Tonkopf wie bei einem Plattenspieler an die entsprechende Stelle geführt werden, was mittels eines Linearmotors (Bild 9) erfolgt. Dabei wird die Platte selbst von einem zweiten Motor, dem Spindelmotor, ständig am rotieren gehalten.

Neben dem schon erwähnten Unterschied zur Langspielplatte, keine Rillen in Form von mechanischen Vertiefungen zu haben, gibt es noch einen. Bei der Langspielplatte gibt es auf jeder Seite genau eine Rille, die sich spiralförmig nach innen zieht. Nicht so bei der Magnetplatte. Dort definiert man durch das Positionieren des Tonkopfes, der korrekt Schreib/Lese-Kopf heißt, einzelne „Rillen“ in Form von magnetisierbaren Spuren, die konzentrisch als Kreisringe angeordnet sind. Typischerweise bringt man 1000

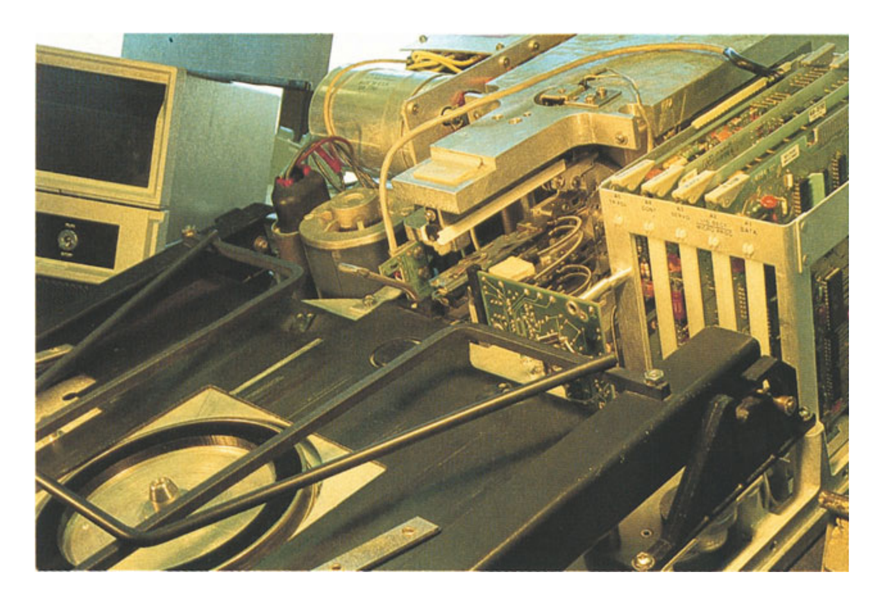


Bild 9: Magnetplattenlaufwerk geöffnet. In der Bildmitte ist der Linearmotor zu erkennen, vorne links die Plattenachse.

solcher „Rillen“ auf eine Magnetplatte. Weil es sich nicht um mechanisch eingeprägte Rillen handelt, sagt man statt „Rillen“ SPUREN.

Zum Lesen einer Spur macht die Platte genau eine volle Umdrehung. Danach bekommt der Linearmotor einen Steuerbefehl und schiebt den Schreib/Lese-Kopf um einen Bruchteil eines Millimeters in Richtung Plattenachse. Dort verharrt der Schreib/Lese-Kopf und die Platte dreht sich unter ihm. Nach einer Umdrehung ist dann auch diese Spur gelesen und der Schreib/Lese-Kopf wird über die nächste Spur geschoben usw. Um 1000 Spuren auf eine Platte zu bekommen bedarf es offensichtlich großer Präzision beim Positionieren des Schreib/Lese-Kopfes über der Platte. Das ist aber heute mit Linearmotoren, deren Positionierung mit einer Elektronik angesteuert wird, möglich.

Allgemein geht die Entwicklung dahin, die Plattenlaufwerke immer kleiner und preiswerter zu bauen, zuverlässiger und mehr und mehr Informationen auf gegebener Plattenfläche zu speichern. Das bedeutet aber, daß die Informationen dichter und dichter gepackt auf die Platte geschrieben werden. Das wird durch verbesserten „magnetisierbaren Brei“ erreicht, indem magnetisierbare Substanzen verwendet werden, die man eng und in kleinsten Partikeln zusammenpacken kann. Eisenoxid reicht da nicht

mehr, vielmehr kommen dabei Chrom- als auch Reineisenverbindungen ins Spiel.

Trotz immer weiter heraufgeschraubter Dichte an Informationen auf der Magnetplatte, hinkt die Platte dem Magnetband in Bezug auf Speicherkapazität dennoch weit hinterher. Dies ließe sich in einem Computersystem allerdings damit beheben, daß mehrere Plattenspeicher eingesetzt werden. Das wird auch gemacht, nur kann man das Magnetband aus einem ganz anderen Grund nicht ersetzen. Das sei hier kurz erklärt.

Wir haben gesehen, daß bei einem Magnetband der Datenträger, das Band, an dem Schreib/Lese-Kopf durch einen Motor vorbeigezogen wird. Dabei besteht also mechanischer Kontakt zwischen Kopf und Band, weshalb sich so ein Kopf auch mit der Zeit abschleift und ab und zu mal erneuert werden muß. Würde man das gleiche Prinzip für die Magnetplatte anwenden, die ja dauernd rotiert und dazu noch sehr schnell (4000 Umdrehungen pro Minute), wäre der Kopf in kürzester Zeit abgeschliffen. Deshalb berührt der Kopf die Platte nicht, sondern schwebt auf einem Luftkissen über der Platte. Das Luftkissen braucht nicht extra erzeugt zu werden, es entsteht von selbst durch die schnell rotierende Platte. Eine ideale Platte ist absolut eben, in Wirklichkeit aber hat jede Platte kleinste Toleranzen, die von der idealen Platte abweichen. Im Extremfall kann man einen Propeller in einem Ventilator auch als extrem verformte Platte ansehen. Bei den hohen Rotationsgeschwindigkeiten wirken aber schon die kleinsten Toleranzen wie die Flügel eines Ventilators, womit man das Luftkissen hat.

Je weiter man mit dem Schreib/Lese-Kopf von der Plattenoberfläche weggeht, umso schlechter ist das Magnetfeld fokussiert, umso weniger dicht kann man Informationen auf die Platte schreiben oder von ihr lesen. Deshalb gilt es, den Abstand Kopf-Platte so gering wie nur möglich zu halten. Zur Zeit arbeitet man mit Werten wie 0.69 Mikron, wobei 1 Mikron der millionste Teil eines Meters ist! Arbeitet man aber mit solch geringen Abständen, verlangt das eine große Präzision in der Herstellung der Platte. Eine Unebenheit auf der Platte von dem Zehntel des Durchmessers eines menschlichen Haares, würde bereits den Schreib/Lese-Kopf zertrümmern.

Der Kopf darf also die Platte niemals berühren, was zwei Konsequenzen hat. Erstens wird der Linearmotor so angesteuert, daß beim Einschalten des Plattenlaufwerkes der Kopf zurückgezogen wird und nicht über der Platte schwebt. Erreicht die Platte die volle Drehzahl und erzeugt damit das gewünschte Luftkissen, fährt der Linearmotor den Kopf über die Platte. Beim Abschalten

des Plattenlaufwerkes oder bei Netzstromausfall, schaltet man den Spindelmotor als Generator und benutzt die elektrische Leistung, um den Linearmotor anzutreiben, damit dieser den Kopf von der Plattenoberfläche zurückzieht, bevor das Luftkissen aufgrund langsamer werdender Rotation gefährlich dünn wird.

Alle diese Details geben wohl einen Eindruck davon, mit welch hochentwickelter Technik man hier arbeitet. Trotzdem kann niemand ausschließen, daß sich einmal mikroskopisch feine Verunreinigungen zwischen Kopf und Platte schieben und beides beschädigen. Den Kopf kann man notfalls auswechseln, auch wenn es Geld kostet. Aber die Information auf der Platte, wo der Kratzer ist, ist endgültig verloren. Und das kann sehr, sehr teuer werden (z. B. Meßdaten, die in einmaligen Experimenten aufgenommen wurden, wie etwa in der Raumfahrt).

Anders ausgedrückt heißt das, daß man bei Informationen auf einer Magnetplatte in jedem Moment riskiert, diese zu verlieren! Die Wahrscheinlichkeit ist zwar gering, aber da die gespeicherten Daten in einem Computersystem das Wertvollste sind, müssen entsprechende Vorkehrungen getroffen werden. Und da kommt das Magnetband zum Einsatz. Mit einem Magnetband, das man ins Regal stellt, riskiert man rein gar nichts (außer Diebstahl, Feuer- und Wasserschäden, weshalb Magnetbänder in einen Tresor gehören). Dabei wird von den Magnetplatteninformationen in regelmäßigen Abständen eine Kopie auf Band gemacht und das Band sichergestellt. Geht die Platte kaputt, kann man immer noch mit der zuletzt gemachten Kopie weiterarbeiten. Dann sind nur die allerneuesten Daten, nämlich die, von denen noch keine Kopie vorliegt, verloren, aber eben nicht alles. Diese Methode bezeichnet man als BACK-UP. Viele Hersteller bauen deshalb bereits in die Gehäuse von Plattenspeichern solche Back-up-Magnetbandgeräte ein, etwa in Form eines digitalen Cassetten-Laufwerkes. Bild 10 zeigt eines der modernsten Geräte dieses Typs.

2.4.2 *Halbleiterspeicher*

Die bisher besprochenen Speicherverfahren hatten gemeinsam, daß zum Speichern bzw. Wiederfinden von Informationen mechanische Bewegungen ausgeführt werden mußten. Bei einem Magnetbandgerät wird durch einen Elektromotor das Band bewegt, bei der Platte sie selbst sowie der Schreib/Lese-Kopf. Selbst Perfektionierung dieses Prinzips derart, daß das Positionieren des Schreib/Lese-Kopfes nur noch 25 Millisekunden dauert, ist für viele Anwendungen immer noch zu langsam.

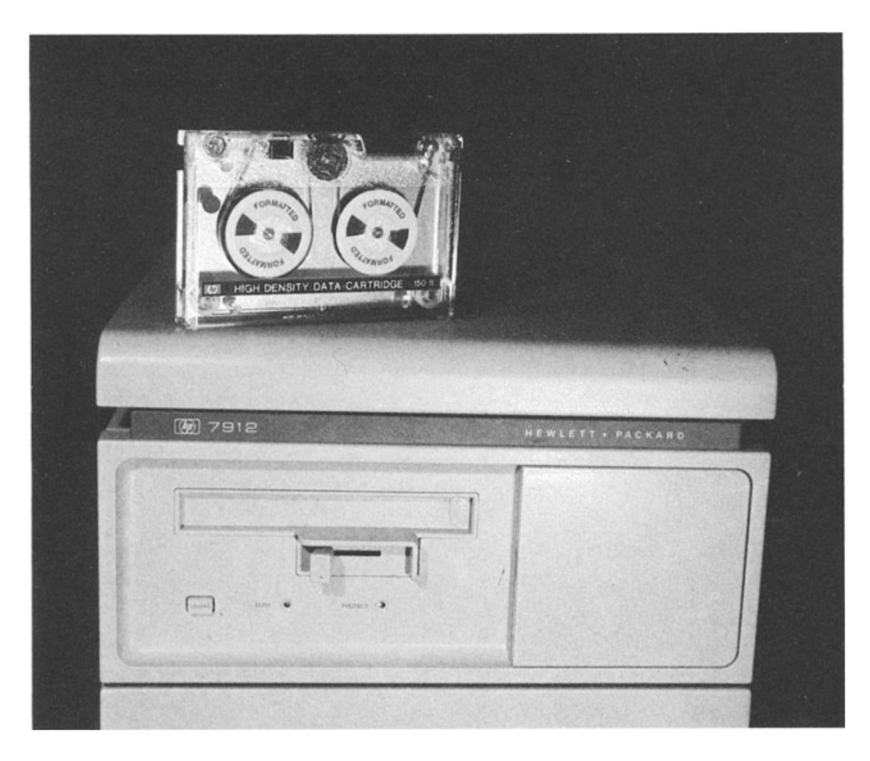


Bild 10: Magnetplattenlaufwerk mit eingebautem Cassettenlaufwerk zum Zwecke des ‚back-up'. Nur die Bandcassette wird gewechselt, die Platte ist fest installiert.

Elektrische Felder pflanzen sich mit Lichtgeschwindigkeit fort, womit die Überlegung naheliegt, Speicher zu bauen, die rein auf elektrischen Prinzipien beruhen. Bei der Realisierung stellt man fest, daß große Speicher nur dadurch machbar sind, daß man sie aus einer Vielzahl, einiger tausend, untereinander identischer, Zellen zusammensetzt. Dabei besteht jede Speicherzelle wiederum aus 4 Elementarbausteinen der Halbleitertechnik, den sogenannten Transistoren.

Was ist ein Transistor?

Zum weiteren Verständnis kommen wir nicht umhin, einen Abstecher in die Physik zu machen, der sich jedoch auf das Wesentliche beschränken wird.

Ein Transistor ist ein Baustein der Halbleitertechnik. So wie es Materialien gibt, die elektrischen Strom besonders gut leiten, etwa Metalle wie Eisen, Kupfer, gibt es Materialien, die den Strom so gut wie gar nicht leiten, z. B. Kunststoffe und Glimmer. Dazwischen liegt die Klasse der Halbleiter, d. h. derjenigen, die Strom nur mäßig gut leiten. Zu dieser Klasse gehören die chemischen Elemente Germanium und Silizium, wobei insbesondere letzteres in der Elektronik dominierend ist.

Silizium ist das auf der Erdkruste am häufigsten vorkommende Element. An jedem Strand läuft man auf Tonnen von Silizium, das in den Sandkörnern steckt. Zwar ist es immer mit anderen Stoffen verunreinigt, so daß man es einschmelzen muß, mit chemischen Verfahren die Verunreinigungen abtrennt und dann aus der Schmelze einen 5 Zentimeter langen, reinen Kristall ziehen kann. Diesen schneidet man in hauchdünne Scheibchen, welche das Grundmaterial zur Fertigung von Transistoren darstellen.

In einem Kristall sieht es bekanntlich so aus, daß die Atomkerne einen festen Platz haben. Um die Atomkerne herum sind die Elektronen angeordnet, deren Anzahl für jedes chemische Element charakteristisch ist, so etwa sind es bei Silizium 14. Die Elektronen befinden sich auf Kugelflächen um den Atomkern herum. Für die chemischen Eigenschaften als auch für das Einbinden in einem Kristall sind nur die Elektronen auf der äußersten Kugelfläche verantwortlich. Bei Silizium sind es z. B. genau 4. Diese 4 Elektronen nennt man VALENZELEKTRONEN.

Wie schon bemerkt, kommt reines Silizium nicht natürlich vor, es ist verunreinigt. Was heißt das? Es bedeutet, daß in dem Kristallgitter an manchen Stellen keine Siliziumatome sitzen, sondern diejenigen der Verunreinigung. Ist etwa Phosphor die Verunreinigung, so befindet sich im Kristallgitter an mindestens einer Stelle ein Phosphoratom, das aber 5 Valenzelektronen hat. Wie wir aber wissen, bestimmen die Valenzelektronen die Einbindung im Kristallgitter und in einem Siliziumkristall ist diese mit genau 4 Valenzelektronen gegeben. Das (oder die) Phosphoratom(e) hat also ein Valenzelektron zuviel! Das heißt, daß es ein (oder mehrere) Elektron(en) gibt, das sich frei bewegen kann (Bild 11).

Betrachtet man andere Verunreinigungen, so etwa mit dem chemischen Element Bor, das nur 3 Valenzelektronen hat, kommt man zu dem Fall, daß zur Einbindung des Atoms in das Kristallgitter ein Elektron fehlt. Es ist ein Loch im Kristall, das zwar nicht gleich zum Auseinanderbrechen des Kristalls führt, aber doch zu einer Instabilität, die man ausnutzen kann.

Um einen Transistor zu bauen, nutzt man die beiden beschriebenen Effekte bezüglich Verunreinigung aus (Atome mit

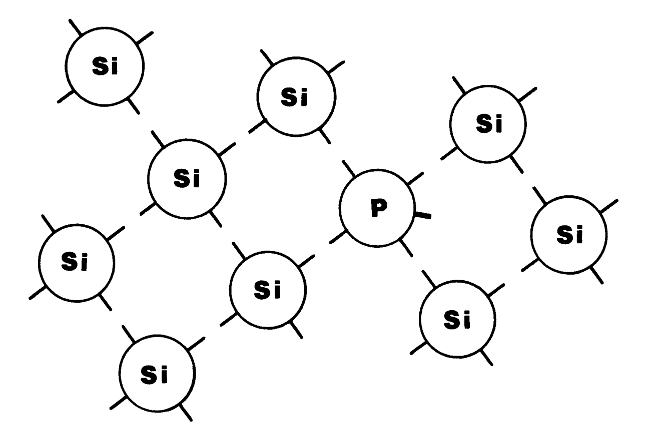


Bild 11: Silizium-Kristall mit einer Verunreinigung durch ein Phosphor-Atom.

3 Valenzelektronen und mit 5 Valenzelektronen) und zwar derart, daß durch Beschießen der reinen Siliziumkristallscheiben mittels eines Ionenstrahls gezielt an gewissen Stellen Verunreinigungen eingebracht werden. Die Stellen, an denen Elektronenüberschuß entsteht (Atome mit 5 Valenzelektronen) nennt man n-Zonen, diejenigen mit Elektronenmangel (Atome mit 3 Valenzelektronen) nennt man p-Zonen. Da es im Kristall die Elektronen sind, die durch ihr Fortbewegen den Strom transportieren, kann man den Stromfluß im Kristall durch den genannten Fertigungsprozeß bestimmen. Bild 12 zeigt den Querschnitt durch einen derart

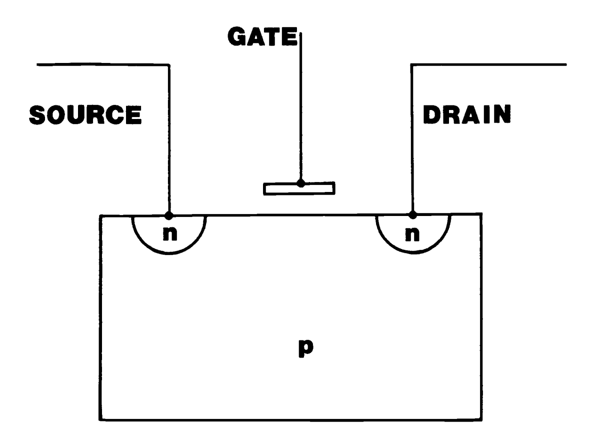


Bild 12: Querschnitt durch einen Feldeffekt-Transistor.

gebauten TRANSISTOR. Weil diese Verunreinigungen gesteuert sind, spricht man nicht weiter von verunreinigen, sondern von DOTIEREN.

Die Siliziumscheibe selbst wird schwach p-dotiert, d. h. es wird darin Elektronenmangel erzeugt. In der Scheibe befinden sich zwei Inseln, die n-dotiert sind, also Zonen mit Elektronenüberschuß. Jede der Inseln ist mit einem feinen Draht zur Außenwelt verbunden. Den einen Anschluß nennt man QUELLE (engl. source), den anderen SENKE (engl. drain). Diese Bezeichnungen stammen von der modellhaften Darstellung des Elektronenflusses als das Fließen von Wasser. Aus der Quelle kommen dabei eben keine Wassertropfen, sondern Elektronen.

Legt man zwischen Senke und Quelle eine Spannung, etwa 15 Volt, so kommt kein Elektronenfluß im Transistor zustande, weil die beiden Inseln durch eine Zone mit Elektronenmangel voneinander getrennt sind.

Es gibt also keine Elektronen, die den Strom von der Quelle zur Senke transportieren können. Zur Steuerung ist, von der Siliziumscheibe isoliert, eine Elektrode angebracht, die man mit GATTER (engl. gate), bezeichnet. Um nun Strom zwischen Quelle und Senke fließen zu lassen, legt man zwischen Gatter und Quelle eine elektrische Spannung, die ein elektrisches Feld erzeugt (Bild 13). Das Ergebnis davon ist, daß die Elektrode „Gatter“ mittels dem elektrischen Feld Elektronen in ihre Richtung zieht. Diese Elektronen können das Gatter aber nicht erreichen, denn zwischen Gatter und Siliziumscheibe ist, wie schon gesagt, ein isolierendes Material eingebracht. Also drängen sich die Elektronen unter dem Gatter in der Siliziumscheibe zusammen: Es ent-

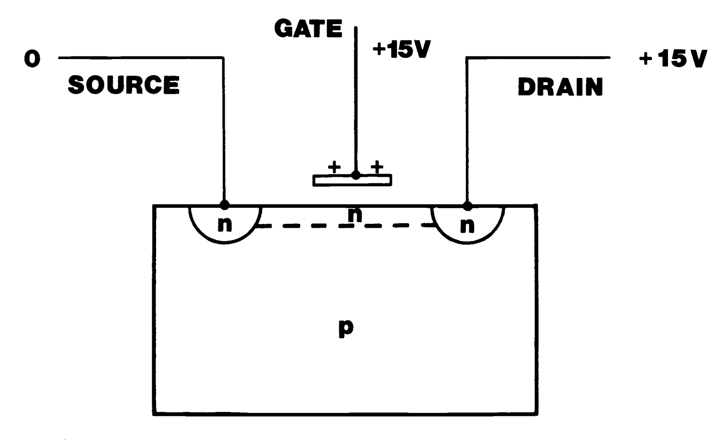


Bild 13: Beschaltung eines Feldeffekttransistors.

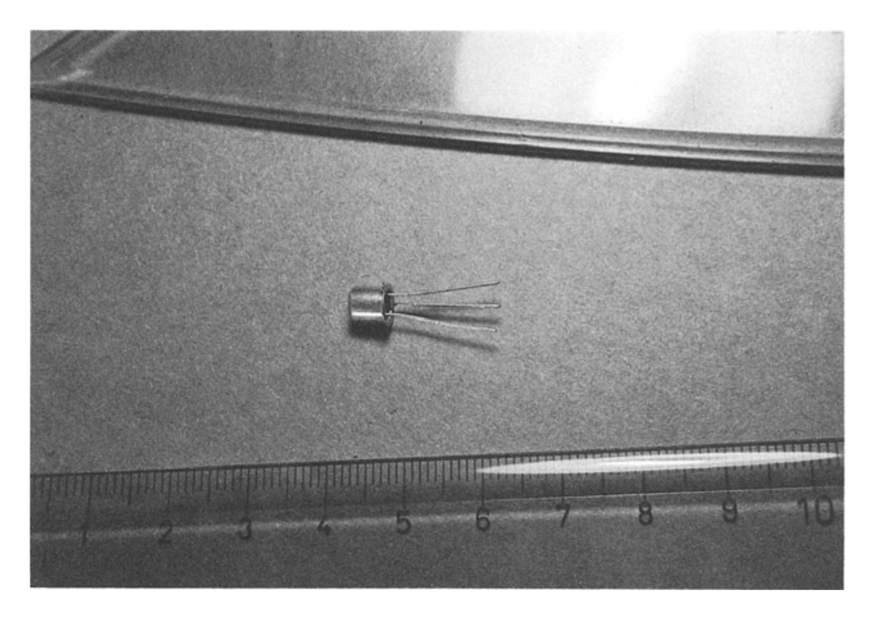


Bild 14: Feldeffekttransistor im Metallgehäuse.

steht in der Siliziumscheibe ein dünner Pfad mit Elektronenüberschuß (Bild 13). Damit sind zwischen Quelle und Senke Elektronen im Überfluß vorhanden, die Strom transportieren können, womit Strom zwischen Quelle und Senke fließt. (Für diejenigen Leser, die sich in der traditionellen Elektrotechnik auskennen, sei vermerkt, daß man in der Elektronik den Stromfluß vorzugsweise als den von Minus nach Plus ansieht, nämlich den durch die Elektronen dargestellten. Bevor man allerdings in den 40er Jahren diese Zusammenhänge mit dem Ergebnis der Erfindung des „Transistors" erforschte, sprach man im allgemeinen aus ästhetischen Gründen vom Strom, der von Plus nach Minus fließt. Schließlich setzt man ja auch „Gut" vor „Böse".)

Mit der Größe der Spannung, die man an das Gatter anlegt, bestimmt man also den Stromfluß zwischen Quelle und Senke. Diese Konstruktion nennt man einen TRANSISTOR. Er hat also 3 Anschlüsse, *Quelle (source), Senke (drain)* und *Gatter (gate)* und wenn man das ganze in ein Gehäuse einbaut, sieht das aus wie in Bild 14. Die korrekte Bezeichnung ist MOSFET, was eine Abkürzung für „Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor" ist. Der „Field Effect" steht für die oben beschriebene Funktion des Gatters, das mit einem elektrischen Feld ar-

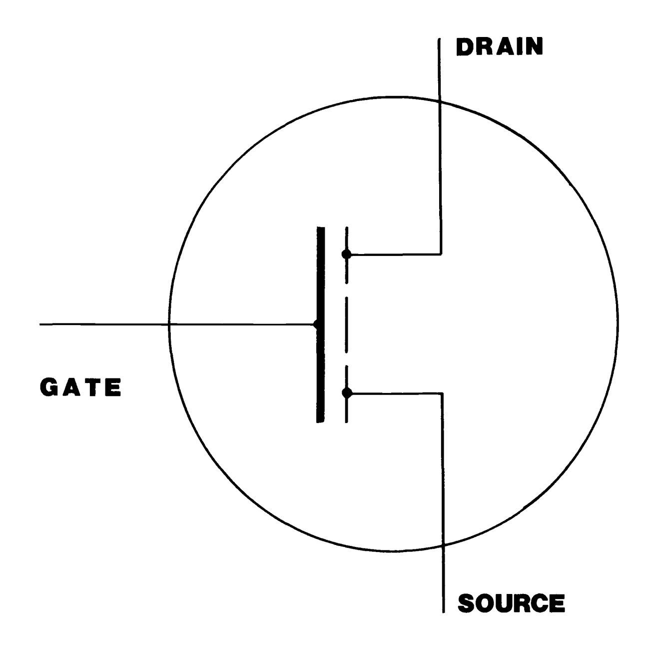


Bild 15: Symbol für einen Feldeffekttransistor.

beitet. „Metal Oxide“ steht dabei für das Material, das man zum Isolieren des Gatters von der Siliziumscheibe verwendet (Metalloxyd leitet im Gegensatz zu Metall nicht: verrostete Schukostecker funktionieren bekanntlich nicht).

Um nicht immer komplizierte Zeichnungen wie Bild 13 zu verwenden, bedient man sich zum Beschreiben von Schaltungen mit MOSFETs eines Symbols, das in Bild 15 gezeigt wird.

Es sei vermerkt, daß es neben dem MOSFET noch andere Arten von Transistoren gibt. In der Computertechnik jedoch wird heutzutage ausschließlich mit dieser „Field Effect“-Methode gearbeitet.

Die Speicherzelle und das bit

Nachdem wir besprochen haben, wie ein Transistor gebaut ist, sei jetzt gezeigt, wie man mit 4 Transistoren eine Speicherzelle aufbaut. Eine solche Speicherzelle nennt man FLIP-FLOP, wobei der Name bereits andeutet, daß *zwei* Zustände angenommen werden können. Und das ist genau das, was man bekanntlich in der Computertechnik braucht.

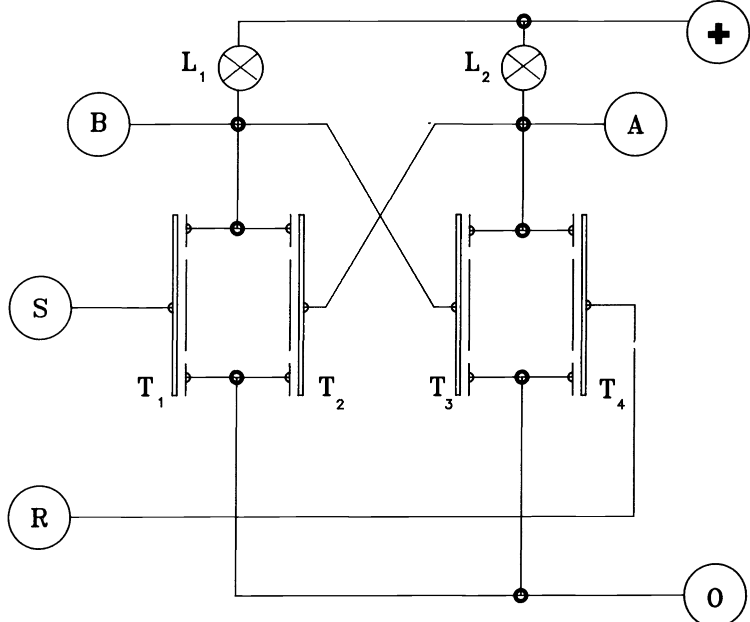


Bild 16: FLIP-FLOP: die Speicherzelle.

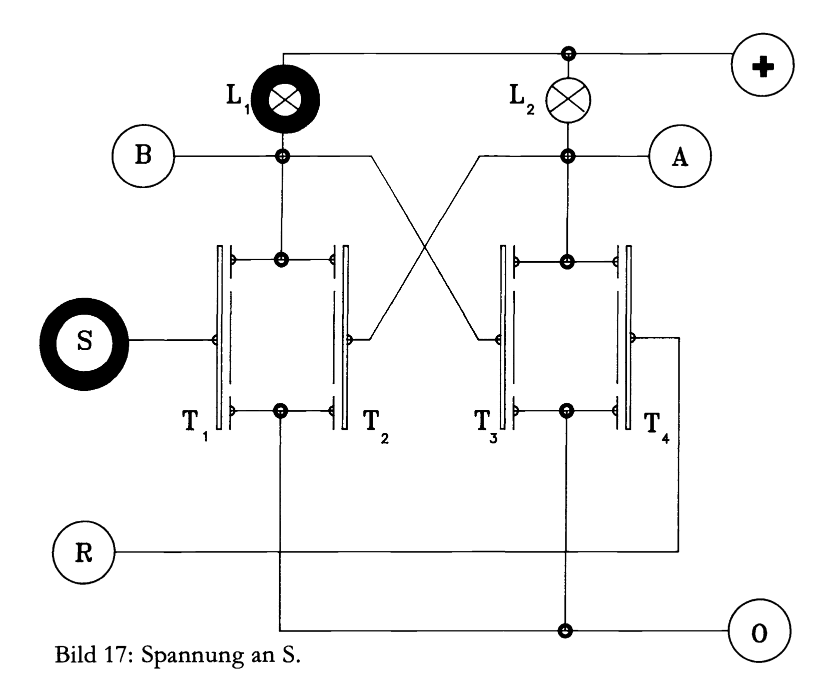


Bild 17: Spannung an S.

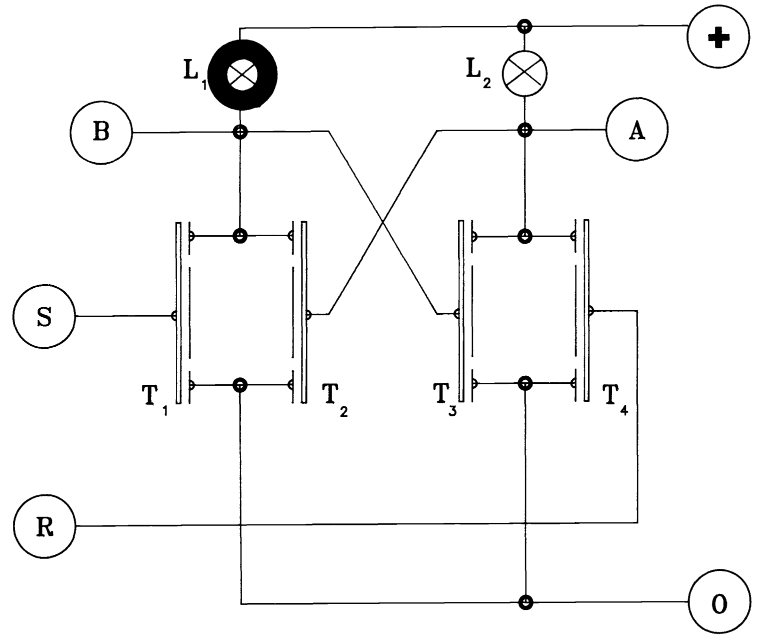


Bild 18: Zustand, nachdem Spannung an S angelegen hat.

Das Prinzip eines Flip-Flops ist, daß ein Transistor dem anderen den Strom wegnimmt und der Zustand ohne äußeren Einfluß erhalten bleibt. Bild 16 zeigt das Schaltbild.

Legt man eine Spannung an „S“ an, so wird der Transistor T1 leitend, d. h. es besteht ein Kurzschluß zwischen „B“ und „O“ und die Lampe L1 brennt (Bild 17). T3 bekommt damit keine Spannung an sein Gatter, er sperrt, und damit liegt Spannung am Punkt „A“. Dort aber ist auch das Gatter von T2 angeschlossen, d. h. T2 leitet Strom parallel zu T1!! Selbst wenn man die Spannung an „S“ wegnimmt, so treibt T2 immer noch die Lampe L1 an. Der Zustand bleibt also ohne weiteren äußeren Einfluß auf „S4“ erhalten (Bild 18).

Wie bekommt man nun die Lampe L1 wieder aus? Dazu legt man eine Spannung an „R“: T4 wird leitend, es entsteht ein Kurzschluß zwischen „A“ und „O“. Damit wird T2 die Spannung weggenommen und er sperrt, also verlischt Lampe L1 (Bild 19). An „B“ liegt jetzt Spannung, die T3 leitend macht, womit T3 parallel zu T4 die Lampe L2 antreibt. Wiederum der gleiche Effekt: Selbst wenn man die Spannung an „R“ wegnimmt, bleibt T3 kurzgeschlossen (Bild 20).

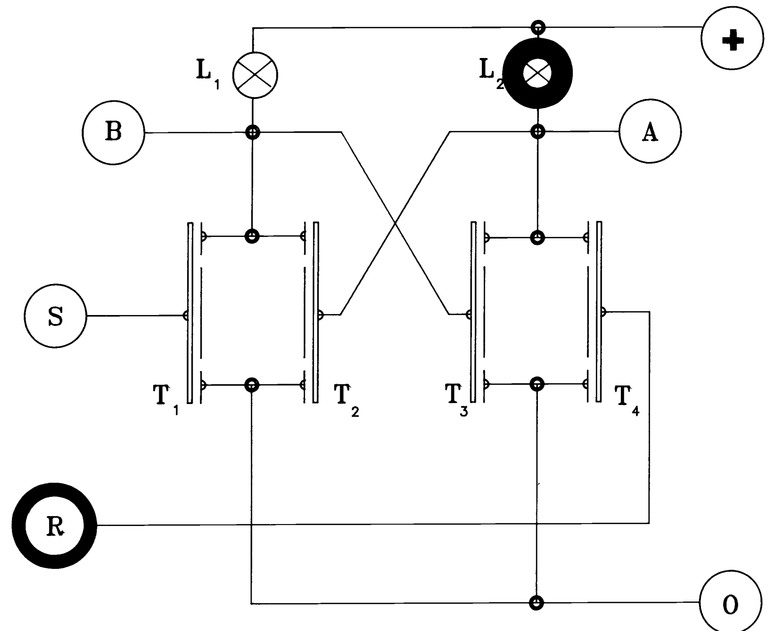


Bild 19: Spannung an R.

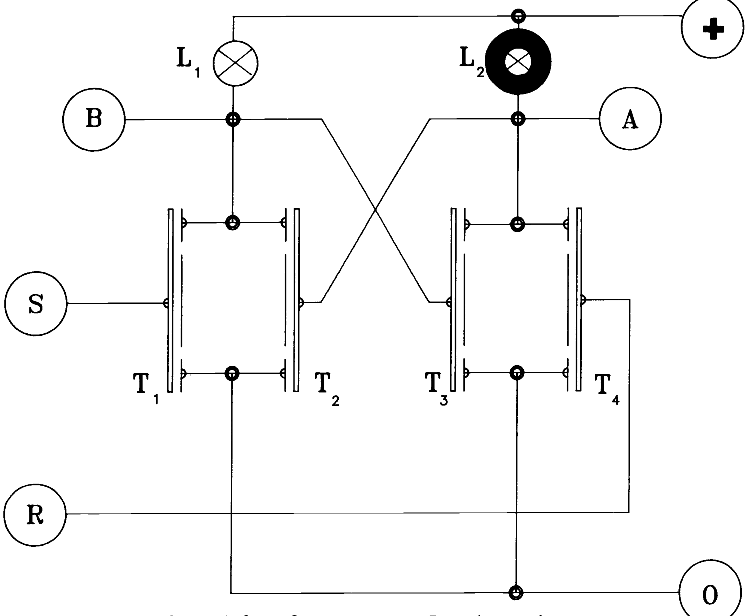


Bild 20: Zustand, nachdem Spannung an R gelegen hat.

Um also die Lampe L1 zum Brennen zu bringen, braucht man lediglich kurzzeitig Spannung an „S“ anzulegen. Dieser Zustand bleibt solange erhalten, bis Spannung an „R“ angelegt wird. Insgesamt wird also die Information „ES GAB Spannung an ‚S‘“ in der Form gespeichert, daß Lampe L1 brennt. Entsprechend wird die Information „ES GAB Spannung an ‚R‘“ dadurch gespeichert, daß die Lampe L1 nicht brennt. Deshalb nennt man die Eingänge „S“ und „R“, was für *Setzen* und *Rücksetzen* steht.

Wir haben damit eine Speicherzelle, die 2 Zustände annehmen kann, nämlich Lampe „L1 brennt“ oder „L1 brennt nicht“ (der zweite Zustand „L1 brennt nicht“ ist offensichtlich identisch damit, daß Lampe L2 brennt). Den gespeicherten INFORMATIONSWERT nennt man 1 bit.

In großen Speichern wird man nun nicht an jeder Stelle Lampen einbauen, sondern nur dort, wo man die Information jeden Moment sichtbar haben möchte. Anstelle der Lampe baut man einen Widerstand ein.

Jeder noch so große Halbleiterspeicher setzt sich aus solchen Speicherzellen zusammen. Um Platz zu sparen, bringt man allerdings nicht jeden Transistor in einem getrennten Gehäuse unter, sondern faßt tausende Transistoren in einem Gehäuse zusammen. Das nennt sich dann INTEGRIERTER SCHALTKREIS oder kurz IC (aus dem englischen Integrated Circuit). Bild 21 zeigt einen solchen IC, in dem man 65 536 bits speichern

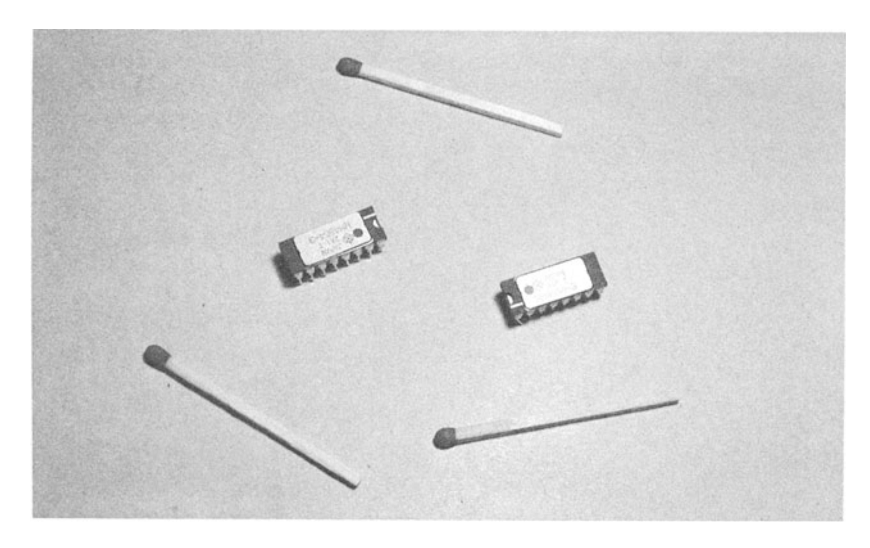


Bild 21: 64-kBit-RAM-Bausteine als Bausteine eines Hauptspeichers.

kann, der also 65 536 Speicherzellen beinhaltet, oder eben 65 536 × 4 = 262 144 Transistoren. Der gezeigte IC ist einer der Typen, die zur Zeit am meisten eingesetzt werden. Die Entwicklung geht weiter und man ist bestrebt, immer mehr Speicherzellen in einen Baustein zu packen, was bei der Anzahl der gepackten Transistoren fertigungstechnisch sehr viel „know-how" erfordert. Es gibt bereits ICs, die nochmals die Kapazität vervierfacht haben, und ein Ende der Entwicklung ist noch nicht abzusehen.

Um nun einen Halbleiterspeicher aufzubauen, lötet man eine Vielzahl dieser ICs auf mit Kupferbahnen bedruckten Kunststoffplatten auf. Mit 64 ICs des gezeigten Typs kommt man zu einem Halbleiterspeicher mit einer Kapazität von 4.19 Millionen bits (Bild 22). Manchem mag die Beschreibung der Speicherkapazität in bits zu abstrakt sein. Um eine Vorstellung zu geben, was denn mit dem Speicher aus Bild 22 machbar ist, seien die 4.19 Millionen bits z. B. ausschließlich für das Speichern von Buchstaben eingesetzt: Das ergibt 520 000 Buchstaben oder 150 Seiten Text.

2.5 Verarbeiten von Informationen

Nachdem wir besprochen haben, wie Informationen dargestellt und gespeichert werden, soll darauf aufbauend gezeigt werden, wie Informationen verarbeitet werden. Verarbeitung soll dabei so verstanden werden, daß der Computer aus Gegebenem etwas Neues schafft, z. B. aus zwei gegebenen Zahlen eine neue, z. B. die Summe aus den beiden. Das können noch viel kompliziertere Verarbeitungen sein, wie zum Beispiel das Drehen eines Objektes in dreidimensionaler Darstellung oder auch Textverarbeitung. Dennoch basieren selbst die kompliziertesten Verarbeitungen auf der Fähigkeit des Computers, Zahlen zu verarbeiten. Ohne dabei in die technische Realisierung einzusteigen, die von Computer zu Computer leicht unterschiedlich ist, sei hier das Prinzip erläutert. Ganz konkret sei das Beispiel der Addition zweier natürlicher Zahlen behandelt.

Addiert man 15 und 12, so fängt man bekanntlich hinten an und arbeitet sich Ziffer für Ziffer nach vorne durch, wobei entsprechend eventuell ein Stellenübertrag mitgenommen wird. Bei 15 und 12 wird zuerst 5 und 2 addiert und dann 1 plus 1. In diesem Falle gibt es nicht einmal einen Übertrag auf die Zehner zu rechnen. Daß 5 plus 2 als Summe 7 ergibt, lernt man in der Volksschule. Computer gehen bekanntlich nicht in die Schule, also muß man ihnen dieses Grundwissen durch Konstruktion eintrichtern. Beim Computer arbeitet man mit dem Dualsystem und dabei gilt es,

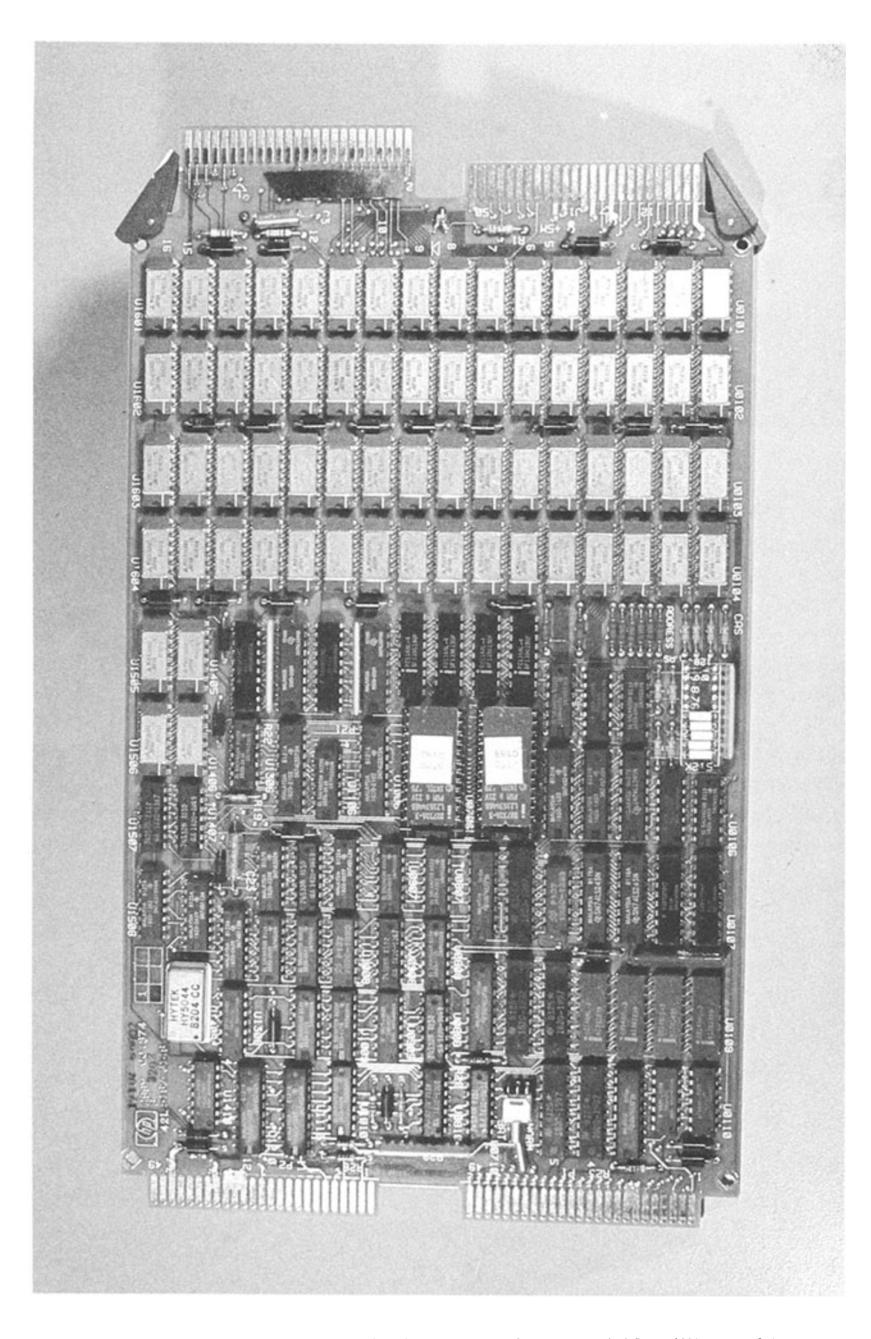


Bild 22: Hauptspeicher mit einer Kapazität von 4,19 Millionen bit.

A	B	AUSGANG
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Bild 23: UND-Schaltung und Verknüpfungstabelle.

eben nur die folgenden 4 Fälle von Additionen von Ziffern zu kennen:

$0 + 0 = 0; 0 + 1 = 1; 1 + 0 = 1; 1 + 1 = 0$ mit Übertrag 1, was sich bekanntlich als $1 + 1 = 10$ schreibt. Wenn ein Computer Additionen ausführen soll, braucht er ein Bauteil, das diese 4 verschiedenen Fälle erledigen kann. Ein solches Bauteil heißt HALBADDIERER und es sei kurz beschrieben, wie dieses aufgebaut ist.

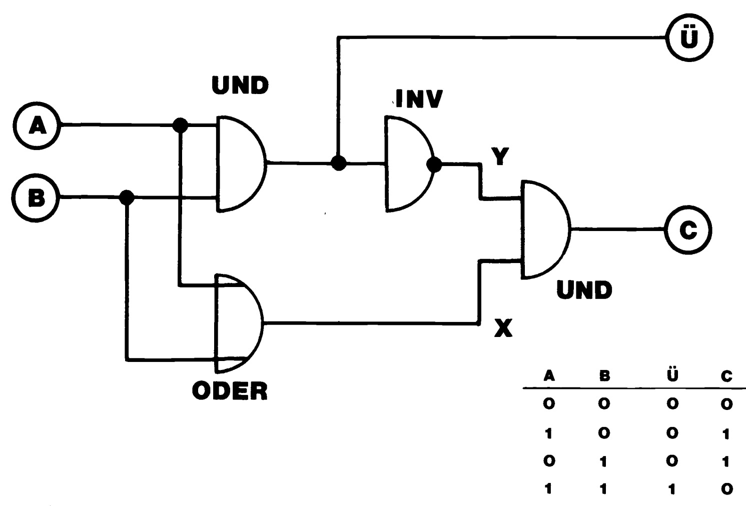
Bekanntlich sind im Computer die Informationen 0 und 1 durch Spannungen oder Ströme dargestellt. Angenommen, die Konstruktion sei so, daß die 1 durch Vorhandensein von Spannung dargestellt wird. Um zu einem Halbaddierer zu kommen, müssen also Spannungen miteinander verknüpft werden. Es seien 3 solcher VERKNÜPFUNGEN betrachtet: die UND-, die ODER- sowie die INVERTER-Verknüpfung. Bild 23 zeigt die UND-Verknüpfung. Es handelt sich um eine elektrische Schaltung, die 2 Eingänge und *einen* Ausgang hat. Und an diesem Ausgang liegt genau dann Spannung, wenn an dem Eingang A und an dem Eingang B Spannung liegt. Deshalb der Name UND-Verknüpfung. Für die ODER-Schaltung gilt entsprechendes gemäß Bild 24.

Die INVERTER-Schaltung unterscheidet sich von den beiden genannten insofern, als sie nur einen Eingang hat und am Ausgang genau dann Spannung vorliegt, wenn am Eingang keine Spannung anliegt. Die beigefügten Verknüpfungstabellen geben symbolisch das genannte Schaltverhalten wieder. Dabei heißt „1" „Spannung vorhanden" und „O" „keine Spannung vorhanden".

A	B	AUSGANG
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Bild 24: ODER-Schaltung und Verknüpfungstabelle.

Schaltet man nun gemäß Bild 25 vier solcher Verknüpfungsschaltungen zusammen, so hat man einen Halbaddierer. Er hat zwei Eingänge, nämlich A und B, einen Ausgang für die Summe C und einen Ausgang für den Überlauf Ü. Legt man beispielsweise an B Spannung und an A nicht, so liegt an Ü keine Spannung, jedoch an X. Durch den Inverter INV liegt Spannung an Y, so daß mit X zusammen an C Spannung liegt. Das ist der Fall, der in der Verknüpfungstabelle in Zeile 3 steht.



A	B	Ü	C
0	0	0	0
1	0	0	1
0	1	0	1
1	1	1	0

Bild 25: Halbaddierer mit Verknüpfungstabelle.

Insgesamt haben wir also eine Schaltung, die die 4 grundlegenden Additionen mit Überlauf im Dualsystem ausführen kann. Für mehrstellige Dualzahlen verfährt man so, daß man zu deren Addition eben mehrere solcher Halbaddierer hintereinanderhängt.

Bekanntlich kann man die Multiplikation von der Addition „ableiten“: $3 \times 4 = 4 + 4 + 4 = 12$. Subtraktion ist die umgekehrte Operation der Addition und Division ist die umgekehrte der Multiplikation. Das ermöglicht unter Verwendung von Halbaddierern alle vier Grundrechenarten im Dualsystem auszuführen. Alle komplizierteren Verarbeitungen werden dann bis auf das Niveau von Halbaddierern herunter zerlegt. Das wiederum wird nicht von Hand, sondern maschinell vom Computer selbst gemacht. Seine Stärke liegt dabei in seiner Geschwindigkeit. So schafft ein Gerät in der 50 000-DM-Klasse heutzutage um die 70 000 Additionen im Halbaddierer pro Sekunde.

Wir haben jetzt die wesentlichen Eigenschaften eines Computers isoliert betrachtet. Um den Computer als Ganzes zu verstehen, sei im nächsten Kapitel auf das Zusammenspiel dieser Tätigkeiten eingegangen.

2.6 Das Zusammenspiel von Speichern, Verarbeiten und Transportieren von Informationen: der COMPUTER

Wir kennen bereits die Grundlagen des Speicherns und Verarbeitens von Informationen. Wir haben gesehen, was ein Halbleiterspeicher und was ein Halbaddierer ist. Offensichtlich tut der Halbleiterspeicher etwas anderes als der Halbaddierer. Kurzum, es besteht zwischen den verschiedenen Bauteilen eines Computers Arbeitsteilung. Wenn Menschen in einer Gruppe arbeitsteilig arbeiten, muß Material hin- und hertransportiert werden oder Informationen werden durch sprachliche Kommunikation ausgetauscht. Genauso besteht die Notwendigkeit beim Computer, Informationen auszutauschen, d. h. zwischen seinen verschiedenen Bauteilen hin- und herzutransportieren. Dabei können die Bauteile sehr nah zusammen sein. So sind z. B. Halbaddierer und Halbleiterspeicher im selben Gehäuse untergebracht, der Plattenspeicher hingegen kann schon einige Meter weit entfernt sein.

Wie groß oder wie klein auch die zu überbrückenden Entfernungen sein mögen, ein Computer muß für seine Arbeit Informationen transportieren. Wir werden darauf in diesem Buch noch mehrmals im Detail zurückkommen.

Wie immer auch die Maschine Computer aussehen mag, sie besteht aus 4 Hauptelementen oder Modulen, die im folgenden beschrieben werden (vergleiche Bild 26).

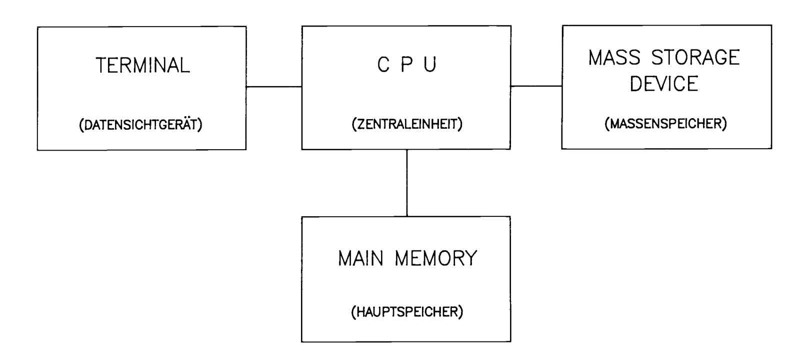


Bild 26: Module eines Computers.

Das Modul, wo Informationen verarbeitet werden, nennt man die ZENTRALEINHEIT oder auch kurz CPU (engl. Central Processing Unit). In der CPU findet man solche Bauteile wie z. B. den besprochenen Halbaddierer. In der CPU werden alle arithmetischen Operationen ausgeführt. Dort können auch Vergleiche angestellt werden, ob z. B. ein Wert größer ist als ein zweiter, was darauf hinausläuft, daß der Computer Entscheidungen treffen kann.

Neben der reinen Verarbeitung von Informationen kommt der CPU auch noch eine weitere Bedeutung zu. Mit der Masse von Informationen, die gespeichert, verarbeitet und transportiert werden, braucht man jemand oder ein etwas, das das ganze verwaltet. Das ist auch Aufgabe der CPU: z. B. wo werden welche Daten abgespeichert, wann werden welche von welcher Magnetplatte gelesen, welche Daten sollen den Halbaddieren zugeführt werden, wo soll das Ergebnis hin usw. . . .

Die Qualität der Konstruktion einer CPU ist wesentlich mitbestimmend für die Leistung des ganzen Systems. Das Verwalten großer Datenmengen soll sicher und auch noch schnell ablaufen. Die CPU arbeitet mit Daten, die sie sich aus dem sogenannten Hauptspeicher holt, womit wir bei dem zweiten Modul eines Computers wären, dem HAUPTSPEICHER (engl. Main Memory). Der Hauptspeicher ist heutzutage immer ein Halbleiterspeicher wie zuvor besprochen.

Aus Gründen bestmöglicher Leistung muß die CPU immer auf einen Typ von Hauptspeicher angepaßt werden. Man kann also nicht Hauptspeicher zwischen verschiedenen Computern austauschen. Selbst zwischen zwei Computern gleichen Fabrikats nützt es nichts, die Hauptspeicher hin- und herzutragen: Der Hauptspeicher bedarf einer Stromversorgung, wie schon Bild 17 zeigte. Unterbricht man die Stromversorgung, sind alle gespeicherten

Informationen verloren. Man kann also den Hauptspeicher fest in den Computer einbauen.

Da der Speicherkapazität des Hauptspeichers technische und auch finanzielle Grenzen gesetzt sind, fügt man dem Computer noch einen MASSENSPEICHER hinzu, womit wir das dritte Modul hätten. Es gibt aber noch drei weitere Gründe, einen Massenspeicher (d. h. Magnetplattenspeicher oder Magnetbandgerät) einzusetzen. Erstens kann man sowohl Magnetplatten als auch Bänder zum Austauschen von Informationen zwischen Computersystemen oder zum Auslagern von Informationen verwenden: Die gespeicherte Information bleibt beim Herausnehmen aus dem Gerät im Gegensatz zum Hauptspeicher erhalten. Zweitens kann man magnetische Datenträger vorteilhaft zu Zwecken der Archivierung einsetzen: dies nimmt weniger Platz als Papier weg (z. B. hundert Seiten Papier gegen 1 Magnetplatte 10 × 10 × 0.4 cm), wiegt deutlich weniger und kann ohne Verlust des Datenträgers die Information zerstören (Reißwolf gegenüber Löschen der magnetisch gespeicherten Information). Hinzu kommt, daß die Information auf magnetischen Datenträgern dem Computer unmittelbar wieder zugänglich gemacht werden kann, die Information auf Papier müßte aber immer wieder von neuem von Hand an einem Gerät eingetippt werden.

Drittens: Sieht man einmal von der Transportfähigkeit der Magnetplatte ab, so behält sie ihre Information auch dann, wenn z. B. ein Stromausfall den Hauptspeicher löscht. Selbst eine Unterbrechung in der Stromversorgung von wenigen Zehntelsekunden löscht den Hauptspeicher. Trotzdem kann man danach weiterarbeiten, indem man die Daten von der Platte in den Hauptspeicher wieder einliest.

Bis jetzt wurde der Computer unter einem rein technischen Gesichtspunkt gesehen. Da aber eine solche Maschine immer für den Menschen arbeiten soll, braucht der Mensch auch eine Möglichkeit, sich der Maschine mitzuteilen oder über seine Sinnesorgane von der Maschine Informationen entgegenzunehmen. Einen solchen Grenzübergang zwischen zwei in sich abgeschlossenen Konstruktionen (hier Mensch und Computer) nennt man korrekt SCHNITTSTELLE (engl. interface). Eine solche Schnittstelle wird mit dem vierten Modul realisiert, dem sogenannten TERMINAL (auf deutsch: Datensichtgerät). Ein Terminal besteht immer aus zwei Teilen, um Kommunikation in beiden Richtungen zu ermöglichen: Es gibt einen Bildschirm, um Informationen vom Computer zum Menschen zu übertragen und es gibt eine Tastatur, um dem Computer Informationen mitzuteilen (Bild 4).

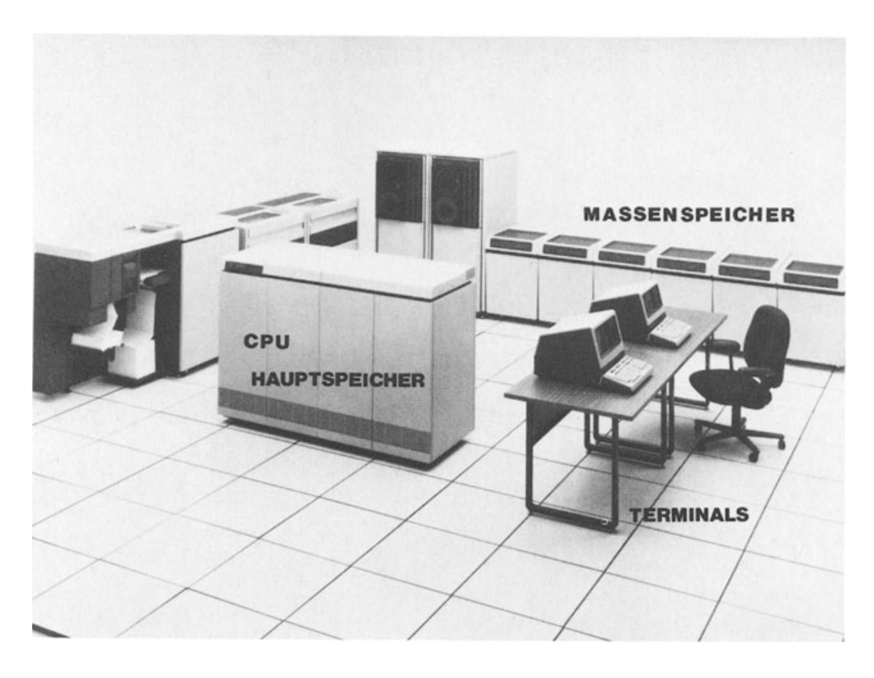


Bild 27: Kommerzielles Computersystem.

Mit diesen 4 Modulen haben wir gemäß dem Zusammenschalten in Bild 26 ein Computersystem beisammen. Bild 27 zeigt eine Realisierung der einzelnen Module in Form eines kommerziellen Computersystems. Möglicherweise erledigt ein solches Gerät gerade Ihre Kontoführung bei Ihrer Bank oder Sparkasse.

3 Vom Taschenrechner zur Software

Um weiter das Verständnis der Maschine Computer zu vertiefen, sei ein Gerät herangezogen, das heutzutage schon zu einer wahren Plage in Kaufhäusern und Supermärkten geworden ist, nämlich der Taschenrechner. Man bekommt ihn als Schlüsselanhänger, im Scheckkartenformat für die Brieftasche und oder beim Werben von drei Jahresabonnenten einer Tageszeitung. Meistens sind die Rechner in einem mehr oder weniger gut aussehenden billigen Plastikgehäuse untergebracht und es steht „Made in Hong Kong“ darauf. Wenn dann so etwas noch zwanzig Mark kostet, fragt man sich sehr wohl, ob es sich nicht um Konsumramsch handelt. Führt man sich aber vor Augen, daß man mit dem kleinen Plastikding addieren, subtrahieren, multiplizieren und dividieren kann und das noch mit einer Geschwindigkeit, die die des eigenen Kopfes um ein Vielfaches übertrifft, so erscheint es sinnvoll sich zu überlegen, was in dem kleinen oft schäbigen Plastikgehäuse sitzt. In den sechziger Jahren war es schlichtweg unmöglich einen solchen Taschenrechner herzustellen. Betrachtet man einen Billig-Taschenrechner nur vom finanziellen, so wird man wohl kaum zu einer korrekten Bewertung seiner Konstruktion kommen. In diesem Buch soll er dafür herhalten, tiefergehendere Grundlagen eines Computers zu verstehen.

3.1 Der Taschenrechner

Nachfolgend sei als Beispiel ein Taschenrechner herangezogen, der zwar nur um die 40 Mark kostet, aber ein ausgereiftes Qualitätsprodukt eines Unternehmens ist, das in dieser Klasse weltweit führend ist. Er kann neben den vier Grundrechenarten auch noch technisch-wissenschaftliche Berechnungen ausführen. Er besitzt bereits wesentliche Bestandteile eines Computers. So etwa erfolgt die Dateneingabe mit Hilfe einer Tastatur, die Datenausgabe mittels einer sogenannten LCD-Anzeige (LCD steht für Liquid Cristal Display), die hier 8 Ziffern anzeigen kann (Bild 28). Eine LCD-Anzeige besteht aus zwei Glasplatten, zwischen denen Kristalle in einer Flüssigkeit schwimmen. Durch das Gehäuse verdeckt, sind Elektroden angebracht, die diese „Flüssigkristalle“ durch Anlegen von Spannung derart ausrichten können, daß stel-

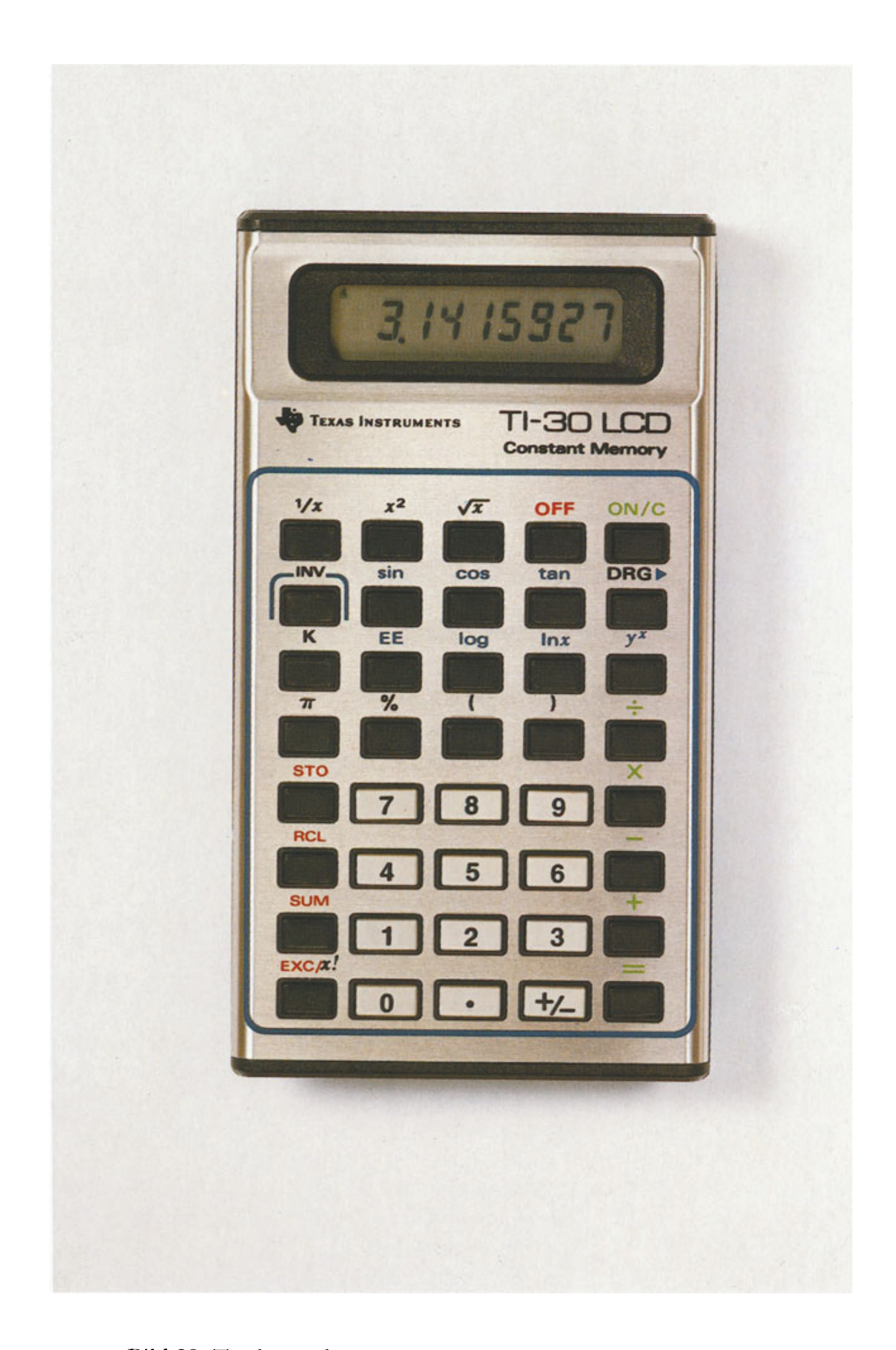


Bild 28: Taschenrechner.

lenweise auftreffendes Licht reflektiert wird, an anderen Stellen nicht. Und so setzt sich die Anzeige aus einzelnen Balken zusammen. Insgesamt stellen also Tastatur und LCD-Anzeige eine Realisierung eines Terminals in der kleinsten denkbaren Form dar. Daß alles im gleichen Gehäuse untergebracht ist, ändert nichts an der Funktion.

Die CPU findet man beim Öffnen der beiden Gehäuseschalen (Bild 29). Der Hauptspeicher ist nicht getrennt zu erkennen: Er ist derart klein, daß man ihn in das Gehäuse der CPU mit eingebaut hat. Was noch fehlt zum kompletten Computersystem ist der Massenspeicher. Diese Möglichkeit ist mit dem Taschenrechner hier nicht gegeben. Es gibt jedoch auch Taschenrechner mit Anschluß an Massenspeicher, allerdings sind solche Geräte zwanzig mal so teuer. Wir werden später noch auf solch einen Rechner genauer eingehen.

Wir haben also mit unserem Taschenrechner keinen Massenspeicher, was für die Anwendung nicht stört. Man könnte nur das Problem haben, daß beim Abschalten der Hauptspeicher seine Informationen verliert. Um selbst das zu verhindern, wendet man bei dem gezeigten Modell einen Trick an: Man zwackt von der Batterie einen ganz geringen Strom ab, der den Hauptspeicher auch nach Abschalten des Rechners versorgt. In Bild 28 ist diese Eigenschaft mit „Constant Memory“ zwischen Tastatur und Anzeige vermerkt. Da der Hauptspeicher sehr klein ist und damit kaum Strom braucht, reicht ein Batteriesatz etwa 5000 Stunden.

Nach dieser Spezialität zurück zum Allgemeingültigen. In der CPU befinden sich 2 Register (ein REGISTER ist ein zusammenhängender Bereich von Speicherzellen – vgl. S. 40): das X- und das Y-Register. Beide nehmen Eingabedaten und auch Ergebnisdaten für alle vier Grundrechenarten auf. An einer einfachen Addition und dem Bild 30 sei dies kurz erläutert.

Angenommen, wir wollen 4 und 9 addieren (vergleiche Bild 30). Dabei geht man folgendermaßen vor:

Eintippen der Zahl 4 auf der Tastatur. Der Rechner speichert die Zahl 4 im X-Register. Mit dem X-Register ist fest die Anzeige gekoppelt, also zeigt der Rechner „4“ an. Als nächstes wird die Taste „+“ gedrückt, womit im Rechner die Halbaddierer an das X-Register angeschaltet werden (Es handelt sich dabei genau um die im vorigen Kapitel beschriebenen Halbaddierer.). Jetzt wird die Zahl 9 eingetippt. Damit schiebt der Rechner die Zahl 4 in das Y-Register, nimmt die Zahl 9 in das X-Register (Anzeige also „9“). Durch Drücken der Taste „=“ wird das Y-Register auf die jeweils zweiten Eingänge der Halbaddierer geschaltet. Unverzüglich wird die Rechenoperation ausgeführt

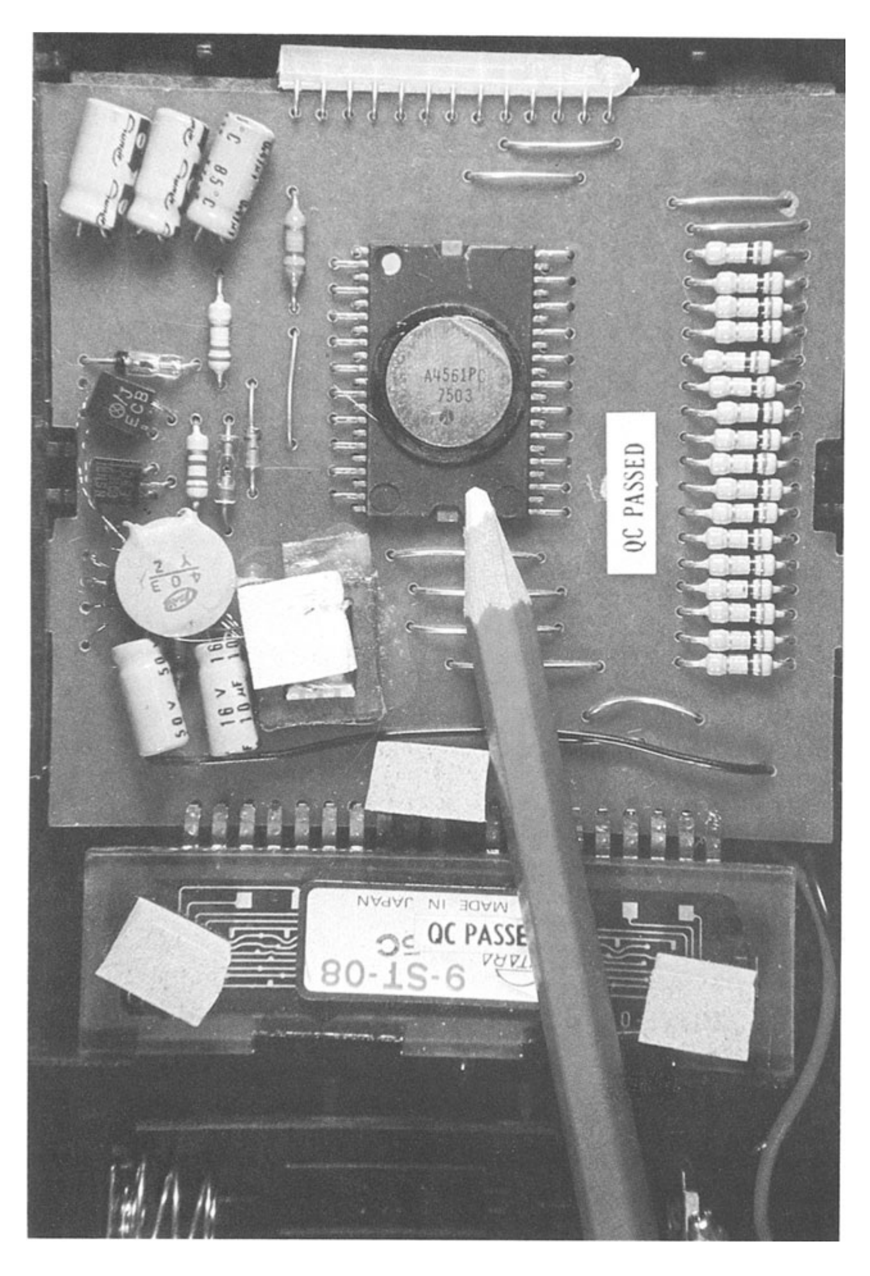


Bild 29: Taschenrechner geöffnet. Der Stift zeigt auf die Zentraleinheit und den Hauptspeicher, die beide im selben Integrierten Schaltkreis untergebracht sind.

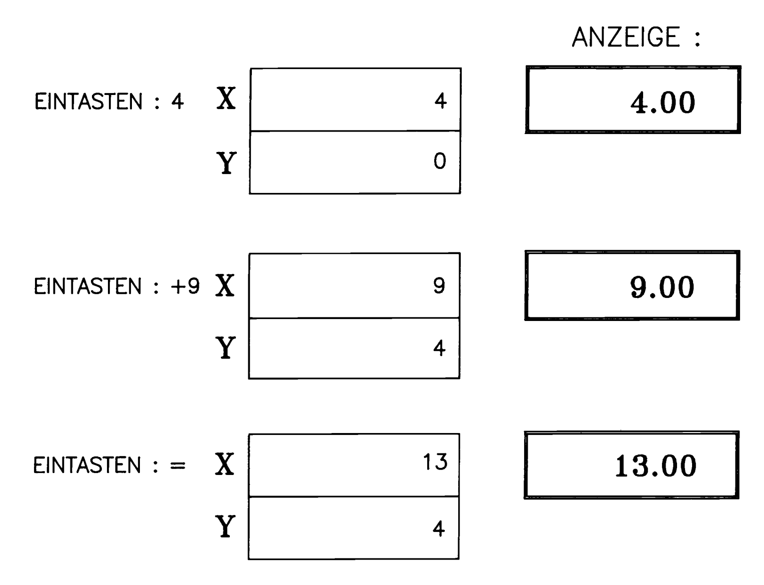


Bild 30: Verarbeitung einer Addition im Taschenrechner.

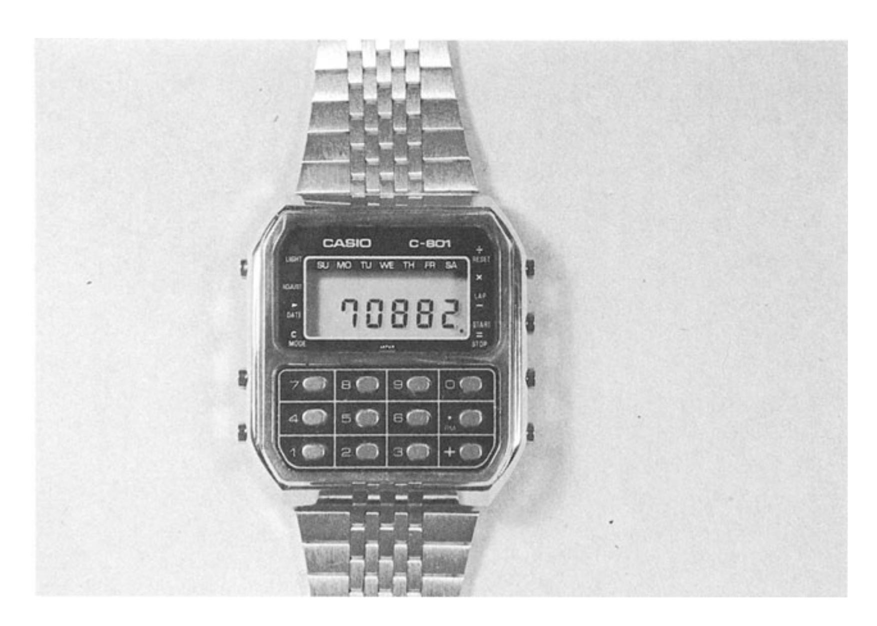


Bild 31: Uhrenrechner für vier Grundrechenarten, Konstanten-
rechnungen und Uhr- und Stoppfunktionen.

und das Ergebnis in das X-Register geschrieben, was die „9“ löscht und die Anzeige „13“ bewirkt.

Das Prinzip ist also einfach: Die zuerst eingegebene Zahl wird ins X-Register geschrieben, bei Eingabe der zweiten Zahl wird die erste nach „hinten“ ins Y-Register geschoben und das Ergebnis überschreibt die zweiteingegebene Zahl im X-Register. Wenn also die Rechenoperation beendet ist, so steht die ersteingegebene Zahl noch im Y-Register. Das wiederum wird zur Berechnung mit Konstanten ausgenutzt. Die Taste ist bei unserem Rechner mit „K“ bezeichnet. Drückt man diese Taste, so unterbricht der Rechner das automatische Schieben des Inhalts vom X-Register ins Y-Register und die im Y-Register stehende Zahl wird als Konstante angenommen. Man braucht für Berechnungen wie 3 × 47; 3 × 19; 3 × 1289; 3 × 41; 3 × 5699 nur einmal „3“ tippen und nicht fünfmal.

Ein Rechner, der die vier Grundrechenarten mit Konstantenrechnung beherrscht, ist mit der heutigen Technologie so klein zu bauen, daß man ihn in einer Armbanduhr unterbringen kann. Bild 31 zeigt einen Uhrenrechner, der neben den Fähigkeiten des Rechnens noch zwei Zeitzonen, Wochentagsanzeige und Stoppuhr hat. Bild 32 zeigt das Innenleben dieses Meisterwerks moderner

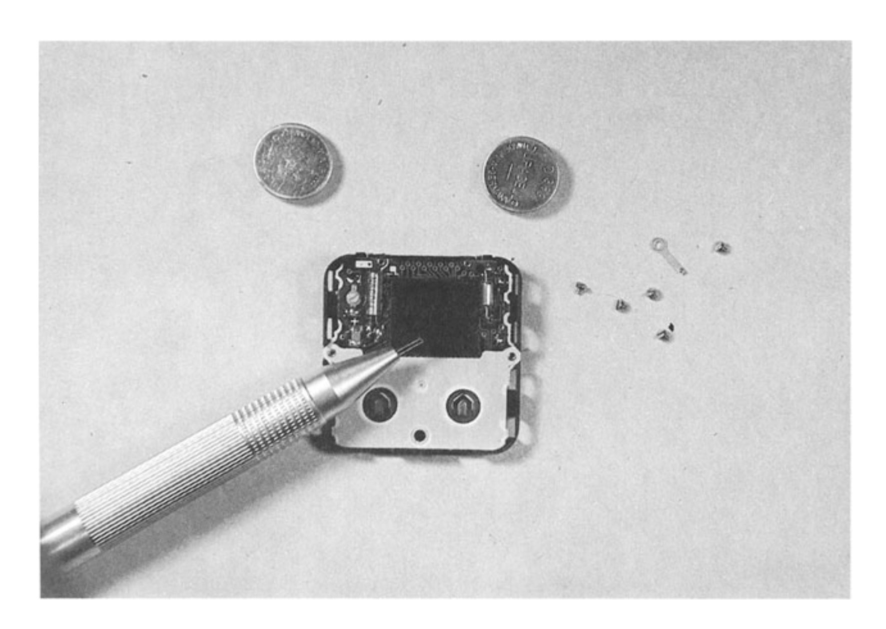


Bild 32: Innenansicht des Uhrenrechners mit seiner Zentraleinheit.

Technologie und man erkennt, wenn auch ziemlich klein, den Integrierten Schaltkreis, der CPU und Hauptspeicher sowie die Zähler der Uhr beinhaltet. Die vier Grundrechenarten kann man also im wahrsten Sinne des Wortes aus dem Handgelenk schütteln.

Mit dem gezeigten Taschenrechner kann man aber noch viel mehr machen. Um das zu erklären, machen wir einen kurzen Ausflug in die Mathematik. Eine aus Schulzeiten wohl bekannte Funktion ist die Sinusfunktion. Sie wird verwendet, um Schwingungsvorgänge oder die Kreisfunktion zu beschreiben. Um nun praktisch damit zu arbeiten, gab es vor den Taschenrechnern zwei Möglichkeiten: die Funktionstabelle oder den Rechenschieber. Die Funktionstabelle ist nichts anderes als ein Buch, in dem jemand einmal von Hand die Funktionswerte der Sinusfunktion (und anderer) in Abhängigkeit von den vorgegebenen Werten ausgerechnet und aufgelistet hat. Das war eine zeitraubende Arbeit und wenn man bedenkt, daß eine solche Tabelle in jeder Buchhandlung für 20 Mark zu haben ist, hat der Autor sicher kein großes Geschäft gemacht. Vom harten Brot des Autors einmal abgesehen, kann eine solche Tabelle Werte auch nur für eine endliche Menge von vorgegebenen Werten enthalten. So ist z. B. der sin (0.0058) angegeben und sin (0.0059). Für sin (0.00583) ist kein Wert gelistet, man muß sich einen mehr oder weniger korrekten Zwischenwert „zusammenfummeln“, was man korrekt interpolieren nennt.

Aber auch mit dem Rechenschieber steht es nicht besser. Man kann die Werte nur noch ungenauer als in der Funktionstabelle bekommen. Wer seine Augen für längere Zeit auf diese unleserlich kleinen Zahlen und Strichlein lenken mußte, weiß den Rechenschieber zu schätzen – und zwar im eingepackten Zustand!

Da Computer Informationen speichern können, liegt es nahe, die Funktionswerte in einem Computer zu speichern und bei Bedarf abzurufen. Das geht nur nicht in diesem Sinne mit einem Taschenrechner, weil der Hauptspeicher viel zu klein ist und er auch keinen Massenspeicher hat. Selbst bei größten Computersystemen verbraucht man keinen Speicherplatz für solche Tabellen, weil es auch anders geht. Wie wir gesehen haben, können Computer Daten speichern und verarbeiten. Wenn es also mit speichern nicht hinhaut, dann eben mit verarbeiten: der Computer, in diesem Fall der Taschenrechner, berechnet ganz einfach jedesmal die Funktionswerte von neuem! Für den Benutzer ist das kaum wahrnehmbar, weil selbst ein Taschenrechner so schnell ist, daß das Ergebnis unmittelbar vorliegt und angezeigt wird. Wie das funktioniert, sei an der Sinusfunktion gezeigt. Der Sinus ist mathema-

tisch definiert als eine unendliche Funktionenreihe, die folgendermaßen aufgebaut ist:

$$\sin(x) = x - \frac{x^3}{1 x 2 x 3} + \frac{x^5}{1 x 2 x 3 x 4 x 5} - \frac{x^7}{1 x 2 x 3 x 4 x 5 x 6 x 7} + \text{usw.}$$

Diese Funktionenreihe konvergiert für jeden Wert von x. Je weiter man rechnet, umso genauer nähert man sich dem ideal richtigen Wert, den man aber niemals ausrechnen kann, weil man irgendwann nach endlich vielen Additionen/Subtraktionen abbrechen muß. Die Mathematik bietet jedoch Verfahren an, mit denen man abschätzen (abschätzen, nicht berechnen!) kann, in welchen Grenzen der Fehler liegt, wenn man nach einer endlichen Anzahl von Additionen/Subtraktionen abbricht.

Man sollte nicht zu sehr frustriert sein, den Sinus niemals exakt ausrechnen zu können. Schließlich macht es für einen Ingenieur keinen Sinn, den Sinus auf mehr als 20 Stellen nach dem Komma auszurechnen, wenn er mit Meßergebnissen arbeitet, die sowieso nur auf 10 Stellen genau sind.

Aber all diese Probleme mit dem Ausrechnen einer Funktionenreihe hat der Benutzer des gezeigten Taschenrechners nicht: Er tippt seinen vorgegebenen Wert ein, drückt dann die Taste SIN und das Ergebnis steht auf acht Stellen genau da. Tatsächlich hat der Rechner den Sinus in der kurzen Zeit berechnet, z. B. nach der oben genannten Funktionenreihe oder nach einer anderen Formel. Im gleichen Sinne verfährt man mit anderen mathematischen Funktionen wie Cosinus, Tangens, e^x, Sinus hyperbolicus usw. Ein Taschenrechner mit derartigen eingebauten Funktionen ist in Bild 28 gezeigt. Er ersetzt dem Ingenieur, Physiker oder Schüler den Rechenstab und macht ihm das Leben leichter.

Der erste technisch-wissenschaftliche Taschenrechner wurde von der Firma Hewlett-Packard 1972 auf den Markt gebracht. Es war der HP 35, kostete am Anfang um die 3000 DM und bot ähnliche Leistung wie der heutige für 40 DM. Setzt man diese Preisentwicklung auf die Automobilindustrie um, was selbstverständlich als Denkmodell zu verstehen ist, so müßte heutzutage der VW-Käfer weniger als 100 DM kosten! Es gibt also immer mehr Leistung fürs Geld, was einerseits den Taschenrechner als preislich annehmbare Alternative zum Rechenschieber bis in die Schulen bringt (Der Hersteller für den gezeigten Taschenrechner bietet zum Beispiel zusätzliches Lehrmaterial an, womit der Mathematiklehrer eine didaktisch saubere Methode zur Hand hat.). Andererseits ist es möglich, in einen „etwas" teureren Taschen-

rechner Fähigkeiten eines voll ausbaubaren Computersystems zu packen, was zum Beispiel mit dem Hewlett-Packard 41 realisiert ist. Aber dazu später.

Mit dem Ersatz des wenig geliebten Rechenschiebers fing es also an. Was den Technikern gut war, sollte kurze Zeit später auch den Kaufleuten recht sein und so baute man kaufmännische Taschenrechner, wie zum Beispiel den in Bild 33 gezeigten. Selbstverständlich gibt es auch dort die vier Grundrechenarten, aber anstelle von Sinus-, Cosinus- und ähnlichen Funktionen treten solche wie Kapitalendwert oder Zinssatz. Der Kapitalendwert berechnet sich bei gegebenem Zinssatz und Anfangskapital gemäß der Formel:

$FV = PV \times (1+i)^n$.

Dabei bedeutet:

FV	=	Future Value	=	Kapitalendwert,
PV	=	Present Value	=	Anfangskapital
i	=	interest	=	Zinssatz,
n	=	number	=	Anzahl der Perioden, in der der Zins bezahlt werden soll.

Selbstverständlich kann man das wie in der Formel angegeben mit jedem Taschenrechner ausrechnen. Wenn man das aber 30 mal pro Tag tut, wird das schon etwas unangenehm. Mit dem kaufmännischen Taschenrechner aus Bild 33 geht das so:

Beispiel: Es seien 1000 DM für 7 Jahre bei einem jährlichen Zinssatz von 6% mit jährlicher Verzinsung angelegt. Wie hoch ist der Kapitalendwert nach 7 Jahren?
Man tippt folgendes ein und nicht mehr:
1000, Taste PV drücken,
6, Taste i drücken,
7, Taste n drücken
dann Taste FV drücken,
eine halbe Sekunde warten und das Ergebnis 1503.63, also 1503.63 DM Kapitalendwert steht da. Nur in der Spielbank verlieren geht schneller!

Auf der Tastatur findet man pro Taste mehrfache Beschriftung. Das ist eine vielfach verwendete Methode um bei Rechnern, die viele Funktionen bieten, mit relativ wenigen Tasten auszukommen, damit die Abmessungen noch den Namen „Taschen“-Rechner rechtfertigen. Zum Umschalten zwischen den verschiedenen Beschriftungen, d. h. den verschiedenen Funktionen dient eine speziell reservierte Taste.

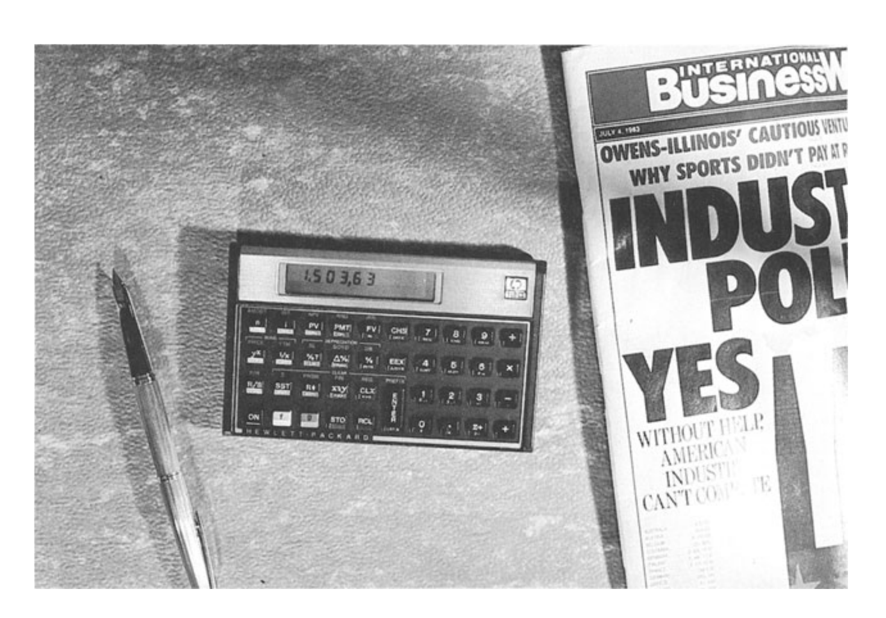


Bild 33: Kaufmännischer Taschenrechner.

Somit sind dem Kaufmann wie auch dem Techniker heutzutage speziell zugeschnittene Rechner an die Hand gegeben, mit denen er seine Alltagsprobleme elegant und schnell lösen kann. Jeder Rechnerhersteller wählt je nach Preisklasse einen Satz von technischen bzw. kaufmännischen Standardfunktionen aus und baut diese fest in den Taschenrechner ein. Will man aber eine Berechnung ausführen, die in dem Rechner nicht fest eingebaut ist, so muß man entweder ein anderes Modell kaufen oder wieder nach einer Formel die Berechnung umständlich ausführen. Aber auch auf solche Probleme gibt es eine Antwort: Man verwendet frei programmierbare Rechner. Bevor aber auf ein spezielles Modell eingegangen wird, sei im nächsten Abschnitt diese so entscheidende Fähigkeit, einen Rechner programmieren zu können, erklärt.

3.2 Frei programmierbare Rechner

Stellen Sie sich vor, Sie wollen eine Party geben und müssen wissen, wie viele Flaschen Martini rangeschafft werden sollen. Den Fall, daß Sie zur etwas älteren Generation gehören und noch Kopfrechnen in der Schule gelernt haben, wollen wir aus praktischen Gründen nicht betrachten. Sie nehmen also ein Blatt Papier

und ihren Taschenrechner und fangen an: 28 Personen, jeder trinkt so etwa einen drittel Liter, die Flasche hat einen Liter, macht 9.333333 Flaschen, was schon schwierig zu kaufen ist, insbesondere die .333333. Also noch eine Denkleistung: man braucht 10 Flaschen. (Bemerkung: Der Autor ist nicht betrunken und die Ernsthaftigkeit dieses Beispiels wird sich auf den nächsten Seiten zeigen.)

Eine andere extreme Idee wäre, zum Fachhandel zu gehen und nach einem Rechner für das Martini-Problem zu fragen. Da das Martini-Problem von der Computerindustrie als noch nicht hinreichend bedeutend erkannt worden ist, gibt es keinen einzigen Hersteller, der einen solchen Rechner mit fest eingebauter Martini-Funktion bieten kann. Betrachtet man das Problem ernsthaft, so erkennt man die Schwierigkeit: Festprogrammierte Rechner lassen sich nicht vom Benutzer an seine Problemstellung anpassen! Da nun nicht jeder Benutzer seinen Rechner selbst basteln kann, muß man eine Möglichkeit finden, zwar Rechner als Konfektionsware herzustellen, aber dem Benutzer die Möglichkeit geben, auf seine Bedürfnisse anzupassen. Um dies zu tun, wird der Benutzer nicht in der Mechanik oder Elektronik herumfummeln, sondern den Rechner PROGRAMMIEREN. Das heißt nichts weiter als dem Rechner eine Folge von Befehlen einzugeben, z. B. eintippen, damit der Rechner einzugebende Daten gemäß der Befehlsfolge abarbeitet (vergleiche Bild 34). Dazu hat der Rechner einen Spei-

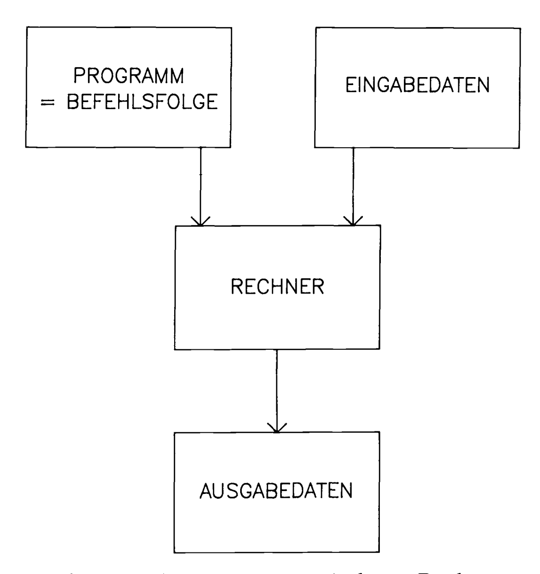


Bild 34: Funktion programmierbarer Rechner.

cher in dem er die Befehlsfolge ablegen kann, um dann Befehl für Befehl abzuarbeiten. Solche Rechner nennt man frei programmierbar oder kurz PROGRAMMIERBARE RECHNER. Die Befehlsfolge nennt man PROGRAMM. Das Programm ist also das Kochrezept für den Rechner. Die Zutaten sind die Eingabedaten, der Rechner „kocht“ und das Ergebnis ist ein Menü besonderer Art, nämlich die Ausgabedaten.

Das Problem ist nun das: Wie sag ich es meinem Rechner?? Aber selbst dieses Problem kommt erst an zweiter Stelle, denn an erster Stelle muß man sich zunächst einmal im klaren sein, was man denn sagen will, d. h. man muß die Aufgabenstellung logisch exakt formulieren. Im Umgang mit anderen Menschen sind wir es gewohnt, auf strengste logische Formulierungen zu verzichten, weil wir immer unterstellen, daß die anderen und wir selbst „logische Lücken“ durch eigene Interpretation füllen. Die Maschine Computer aber interpretiert rein gar nichts. Zur Erklärung kommen wir zum Martini-Problem zurück.

Es soll also ausgerechnet werden, wieviele Flaschen Martini gekauft werden sollen. Die Anzahl der Flaschen sei mit A bezeichnet (A steht als Platzhalter für eine noch später einzusetzende konkrete Zahl, weshalb man solche Platzhalter als VARIABLE bezeichnet.). Als nächstes muß der Rechner wissen, wieviel Martini in ein Glas geht. Der Glasinhalt sei mit I bezeichnet. Natürlich muß man wissen, wieviele Personen kommen, weshalb die Anzahl der Personen mit P bezeichnet sei. Der Einfachheit halber sei angenommen, der Martini wird als Aperitiv serviert und jeder Gast bekommt nur einen. Außerdem sei in Zentilitern gerechnet und man will Flaschen à 1500 cl (cl = Zentiliter) kaufen.

Als erstes muß man dem Rechner sagen, daß er die Eingabedaten aufnehmen soll. Das wären Glasinhalt I, Flaschenvolumen F, Anzahl der Personen P. Das wird in Bild 35 durch den obersten Kasten beschrieben. Im zweiten Kasten soll der Rechner errechnen, wieviel Martini insgesamt getrunken wird. Das bezeichnen wir mit V für Volumen. Offensichtlich berechnet sich V einfach als das Produkt von Glasinhalt und Anzahl der Personen. Es ist zu beachten, daß V lediglich ein Zwischenergebnis darstellt, da man z. B. nicht 9.333333 Flaschen kaufen kann. Ist nun V kleiner oder gleich 1 × F, d. h. es wird weniger als das Volumen einer Flasche getrunken, so entscheidet der Rechner im Programm mit der Verzweigung nach rechts fortzufahren, also der Variablen A den Wert 1, d. h. 1 Flasche, zuzuweisen. Damit wäre die Programmausführung beendet.

Ist jedoch V größer als 1 × F, so verzweigt das Programm zum nächsten Kasten darunter. Dort wird abgefragt, ob V kleiner

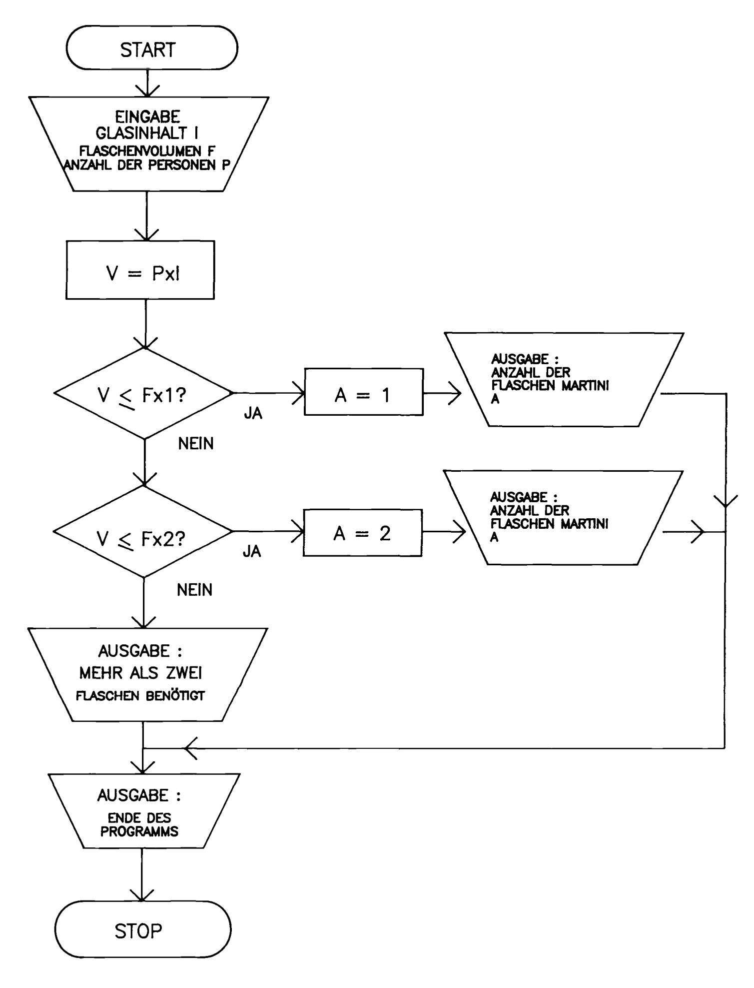


Bild 35: Flußdiagramm zum Martini-Problem.

oder gleich 2 × F ist, d. h. ob der Inhalt von 2 Flaschen genügt. Wenn ja, so wird A, also Anzahl der Flaschen, auf 2 gesetzt und das Programm ist beendet. Wenn nein, so springt das Programm zum nächsten Kasten, mit dem ausgedrückt wird: „mehr als zwei Flaschen benötigt". Wem das nicht als Antwort genügt, der kann ja das Programm um weitere Entscheidungskästen V kleiner oder gleich 3 × F, V kleiner oder gleich 4 × F usw. verlängern. Wir werden später sehen, wie das noch modifiziert werden kann.

Das verwendete Schema, das also die logische Abfolge aller durch den Rechner auszuführenden Aufgaben beschreibt, nennt

man FLUSSDIAGRAMM. Es ist bestimmt durch die Problemstellung und ist unabhängig davon, auf welchem Rechner das Programm später ausgeführt wird. Das Erstellen des Flußdiagramms verlangt viel Aufmerksamkeit und benötigt auch viel Zeit. Der Unterschied zur Berechnung einer solchen Aufgabe mit Papier und Bleistift ist der: Wenn Sie sich bei der Bearbeitung des Problems vertan haben und zu keinem Ergebnis oder einem total irrealen kommen, besteht immer noch die Möglichkeit, anders zu rechnen, zu radieren, zu korrigieren oder neu anzufangen. Wird jedoch das Programm auf einem Rechner ausgeführt, so müssen sie bereits an alle Eventualitäten gedacht haben. Wird z. B. vergessen, Daten auszudrucken, so rechnet die Maschine zwar alles aus, aber Sie sehen niemals das Ergebnis. Ein weiterer Punkt sind die vom Rechner zu treffenden Entscheidungen, wie z. B. im genannten Beispiel V kleiner oder gleich 2 × F. Wird man die Ausgabe „mehr als zwei Flaschen benötigt“ weglassen, so wird der Rechner im Falle von V größer als 2 × F gar keine Informationen nach außen abgeben und niemand kann wissen, ob das Programm unterbrochen wurde, ob ein Programmierfehler vorliegt oder ob das Programm überhaupt ausgeführt wurde. Es ist eine der wichtigsten Aufgaben eines jeden Programmierers, daß er den Rechner nicht in eine nicht vorhersehbare Situation laufen läßt.

Das Martini-Beispiel ist ein ziemlich einfaches. Und ob Sie nun drei Flaschen Martini zuviel kaufen oder nicht ist sicherlich keine Katastrophe. Es werden aber auch Computer in automatischen Landesystemen eingesetzt, um Flugzeuge mit „Inhalt“ sicher auf die Piste zu bringen. Und dabei erkennt man sehr wohl die Notwendigkeit von qualitativ hochwertigen Programmen. Das ist auch ein Grund, warum nicht jeder Programmierer 10 000 DM im Monat verdient. Es sei auch nicht verschwiegen, daß professionelles Programmieren geistige Schwerarbeit ist.

Mit dem Flußdiagramm beschreibt man also die logischen Zusammenhänge einer Aufgabenstellung und das komplett. Leider ist dies aber noch nicht dem Computer unmittelbar verständlich. Das Flußdiagramm muß noch in eine dem Computer verständliche Form umgesetzt werden. Diese endgültige Form nennen wir PROGRAMM oder auch SOFTWARE (Bild 36).

Während das Flußdiagramm noch vollständig rechnerunabhängig ist, berücksichtigt die Software dem Rechner eigene Merkmale, d. h. i. a. ist sie nicht ohne weiteres zwischen Computern verschiedenen Typs austauschbar. Den nicht veränderbaren Teil eines Computersystems, also die Elektronik, nennen wir HARDWARE.

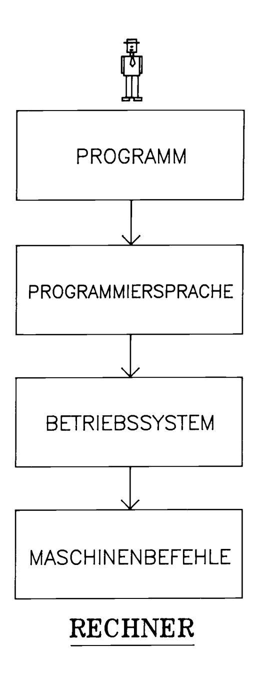


Bild 36: Der Weg vom Benutzer zum Rechner (vergleiche Kapitel 4.1).

Im nächsten Abschnitt werden wir das Martini-Beispiel auf einem Rechner zum Laufen bringen.

3.3 Programmiersprache, Software und Rechner

Um dem Rechner verständliche Anweisungen zu geben, bedient man sich sogenannter Programmiersprachen. Da stellt sich schon die Frage, warum denn Programmiersprachen? Wäre es denn nicht möglich in einer natürlichen Sprache, etwa dem weitverbreiteten Englisch, dem Rechner die Befehle einzutippen? Die Antwort ist Ja und Nein.

Natürliche Sprachen eignen sich schon deshalb nicht besonders, weil sie als Kulturträger Informationen übermitteln, deren Inhalte sich in Bezug auf eine bestimmte Kultur und Epoche ergeben. Spricht man von einem Fast-Food Restaurant, so folgert man automatisch, daß das wohl doch nicht 1895 in Wladiwostok gewesen sein kann!

Mit Bezug auf eine Kultur wird es aber schon ungenau, denn Kultur ist nun einmal nicht genau zu definieren. (Die Beatles

wurden ja auch erst im Nachhinein von der Queen als Kulturgut gewürdigt.)

Um natürliche Sprachen zu verstehen, bedarf es also immer der Interpretation. Ein Computer aber besitzt keine interpretatorischen Fähigkeiten. Man braucht für die Maschine eine logisch strenge, übersichtliche Sprache. Je geringer der Wortschatz, je einfacher in der Grammatik (oder dem logischen Aufbau), desto besser, weil schneller und einfacher erlernbar. Um Englisch perfekt zu können, muß man studieren und womöglich Shakespeare lesen. Eine Programmiersprache aber ist Mittel zum Zweck und eine einfache kann man in einer Woche lernen. Von einer solch einfachen sei im weiteren die Rede. Sie heißt BASIC. BASIC ist die heutzutage am meisten verbreitete, wenn man in Anzahl der Personen, die sie kennen, mißt.

Die Sprache wurde 1964 von John Kemeny und Thomas Kurtz im Dartmouth-College definiert. Die Abkürzung BASIC steht für „Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code". Die Einfachheit für Anfänger macht sie insbesondere für die Computer der unteren Preisklasse interessant, so daß BASIC mit dem Heimcomputer auch in die gute Stube einzieht. Insgesamt enthält die Sprache lediglich etwa 50 Worte, richtiger 50 Befehle. Das Wort „etwa" muß deshalb verwendet werden, weil jeder Gerätehersteller zu dem Grundwortschatz der Sprache noch einige, auf den Rechner zugeschnittene, Befehle hinzufügt. So gibt es für grafische Darstellungen in BASIC keine Befehle, da aber schon Heimcomputer mehrfarbige Grafik erzeugen können, es dafür aber keine Sprachnorm gibt, sind diese Befehle von Computer zu Computer unterschiedlich. Es passiert also mit den Computersprachen ähnliches wie mit den natürlichen Sprachen: es gibt Dialekte. Arbeitet der Programmierer mit dem genormten Grundwortschatz, so kann das Programm auf verschiedenen Rechnern laufen. Das ist eine sehr gute Sache, aber es werden eben nicht alle Möglichkeiten des jeweiligen Rechners ausgenutzt, man verschenkt also Leistung.

Ohne jetzt diese Sprache BASIC durchzukauen (im Literaturverzeichnis sind Lehrbücher dafür aufgeführt), sei an dem Martini-Beispiel gezeigt, wie das zum schon erstellten Flußdiagramm entsprechende BASIC-Programm aussieht. Um unnötige Theorie zu vermeiden, sei das Programm im folgenden auf einem Heimcomputer zum Laufen gebracht und erklärt. Als Heimcomputer wird hier der VC 64 von Commodore benutzt, weil Commodore in dieser Klasse in Europa marktführend ist. Je nach Ausbaustufe bewegt sich der Preis um den eines kleinen Farbfernsehgerätes. Man findet alles, was einen richtigen Computer ausmacht: CPU



Bild 37: Heimcomputer.

(oder in deutsch Zentraleinheit), Hauptspeicher und Tastatur sind in einem Gehäuse untergebracht (Bild 37). Die Informationen werden auf einem Bildschirm dargestellt, wobei man ein normales Schwarz/Weiß- oder Farbfernsehgerät anschließt. Als Massenspeicher benutzt man einen Cassettenrecorder. Es handelt sich also ausnahmsweise nicht um digitale Aufzeichnung wie bei einem professionellen Magnetbandgerät. Die Daten werden in Form von Piep-Signalen verschiedener Frequenzen auf der Cassette aufgezeichnet. (Man kann ja eine solche Cassette aus Spaß auf der HiFi-Anlage einmal abspielen.) Das Aufzeichnen als auch das Lesen von Daten mittels eines solchen billigen Cassettenrecorders geht entsprechend langsam, aber der geringe Preis rechtfertigt die Lösung.

Das in Bild 35 gezeigte Flußdiagramm ist in ein BASIC-Programm umgesetzt worden, das man in den Rechner mittels der Tastatur eingegeben hat: Bild 38.

Was macht nun das Programm? In BASIC sind die Zeilen stets numeriert. Das macht es einfach, innerhalb eines Programmes zu springen, und zwar durch einfache Angabe der Zeilennummer, wohin man springen will. In den Zeilen 10 bis 30 werden gemäß dem Flußdiagramm Daten eingelesen. Die Zeilen sind mit Lücken

```
 10 INPUT"GLASINHALT ";I
 20 INPUT"FLASCHENVOLUMEN ";F
 30 INPUT"ANZAHL DER PERSONEN ";P
 40 V=P*I
 50 IF V<=F*1 THEN :A=1:PRINT"ANZAHL DER FLASCHEN MARTINI ";A:GOTO80
 60 IF V<=F*2 THEN :A=2:PRINT"ANZAHL DER FLASCHEN MARTINI ";A:GOTO80
 70 PRINT"MEHR ALS ZWEI FLASCHEN BENOETIGT"
 80 PRINT"ENDE DES PROGRAMMS"
READY.
```

Bild 38: BASIC-Programm für das Flußdiagramm.

numeriert, was das Programm nicht stört: es kommt nur darauf an, daß die nachfolgende Zeile eine größere Nummer als die vorhergehende Zeile hat. Man numeriert nicht ohne Lücken, denn damit kann man noch Zeilen nachträglich einfügen.

In Zeile 40 führt der Computer die Multiplikation P × I aus und schreibt das Ergebnis in die Variable V. Bekanntlich haben wir V als das Volumen an zu konsumierendem Martini in Zentilitern festgelegt. In Zeile 50 trifft der Computer eine Entscheidung: wenn V kleiner oder gleich F × 1 ist, werden die in Zeile 50 noch stehenden Befehle ausgeführt (d. h. wenn das zu konsumierende Volumen kleiner oder gleich 1500 Zentiliter ist, also einer 1.5 Liter Flasche entspricht). Wenn dem so ist, wird der Variablen A, die die Anzahl der Flaschen angibt, der Wert 1 zugewiesen. Dann wird durch den Befehl PRINT (engl. für „drucke“) der Text „Anzahl der Flaschen Martini“ ausgedruckt und dahinter der Wert von A, hier also 1. Mit GOTO (engl. für „gehe nach“) springt das Programm in Zeile 80, wo „Ende des Programms“ ausgedruckt wird. Da keine weitere Zeile folgt, ist das Programm beendet.

Wir haben also gesehen, daß mit einer solchen formalisierten Pseudosprache wie BASIC dem Computer mitgeteilt werden kann, was er zu machen hat. Die Leistung eines Computers ist also nicht allein durch seine mechanische Konstruktion, auch Hardware genannt, bestimmt. Es kommt eben die Fähigkeit bzw. Unfähigkeit des Programmierers hinzu. Betrachtet man Programme weniger vom technischen Standpunkt und mehr im Sinne eines Werkzeuges, mit dem man ein Problem bewältigt, so sagt man anstelle von Programm auch SOFTWARE. Software zu schreiben ist Kopfarbeit, und da am Kopf immer ein ganzer Arbeitnehmer dranhängt, kostet das Erstellen von Software zwischen viel und sehr viel Geld: Software ist zum Wirtschaftsfaktor geworden.

Besteht die Notwendigkeit, einen Computer schnell zum Einsatz zu bringen, ohne eigene Erfahrung im Programmieren, so ist es durchaus sinnvoll, Software zu kaufen. Es gibt für den VC 64

Programme für Buchhaltung, Mathematik, Lagerverwaltung, Haushaltsführung oder auch Spiele. Je nach Programm liegen die Preise um 100 Mark.

Große Programme, die in großen Stückzahlen verkauft werden, sind vorteilhaft zu kaufen, wenn man den Zeitaufwand für das eigene Programmieren, Testen und Dokumentieren in Betracht zieht. Gerade die Dokumentation ist eine immer wieder unterschätzte Arbeit. Dokumentieren bedeutet einerseits im Programm sogenannte REMARK-Zeilen (engl. remark = Bemerkung) ins Programm einzufügen, die erklärenden Text beinhalten, aber vom Computer überlesen werden. In unserem Programm sei eine solche REMARK-Zeile als Zeile 42 in Bild 39 eingefügt. Im

```
 10 INPUT"GLASINHALT ";I
 20 INPUT"FLASCHENVOLUMEN ";F
 30 INPUT"ANZAHL DER PERSONEN ";P
 40 V=P*I
 42 REM  V BEZEICHNET DAS VOLUMEN AN KONSUMIERTEM MARTINI
 50 IF V<=F*1 THEN :A=1:PRINT"ANZAHL DER FLASCHEN MARTINI ";A:GOTO80
 60 IF V<=F*2 THEN :A=2:PRINT"ANZAHL DER FLASCHEN MARTINI ";A:GOTO80
 70 PRINT"MEHR ALS ZWEI FLASCHEN BENOETIGT"
 80 PRINT"ENDE DES PROGRAMMS"
READY.
```

Bild 39: Mit Kommentar ergänztes BASIC-Programm.

Moment erscheint das überflüssig, wenn aber eine Vielzahl von Programmen vorliegt, bei denen nach Monaten kleine Änderungen vorgenommen werden, hat man sicherlich nicht mehr die Details des Programms im Kopf. Zum anderen gehört zu jedem Programm ein Flußdiagramm und eine detaillierte Beschreibung auf Papier, was das Programm wo und wie macht, welche Daten man eintippen muß usw. Insgesamt stellt also eine Software mit sauberer Dokumentation selbst für kleinere Programme schon erheblichen Zeitaufwand dar.

Neben den genannten Vorzügen von Software gegenüber festprogrammierten Rechnern kommen noch zwei weitere hinzu: TRANSPORTIERBARKEIT und FLEXIBILITÄT. Wenn ein Programm im Rechner eingetippt ist, wie das oben gezeigt wurde, und man schaltet den Rechner aus, ist das Programm verloren, weil der Hauptspeicher keine Stromversorgung mehr hat. Um Programme auf einem Massenspeicher für immer und ewig abzulegen, bedient man sich beim VC 64 eines Cassettenrecorders. Man legt eine unbespielte Cassette in den Recorder und tippt den Befehl SAVE ein (engl. save = sichern). Damit schaufelt die Zentralein-

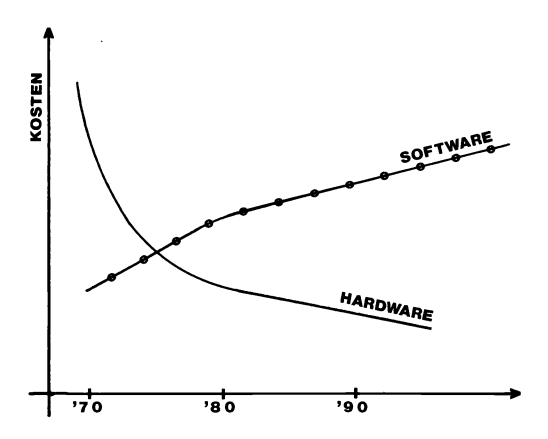


Bild 40: Kostenentwicklung von Hardware im Vergleich zu Software.

heit das Programm von dem Hauptspeicher in den Cassettenrecorder, also auf die Cassette. Dann kann man die Cassette aus dem Recorder nehmen, in den Schrank stellen oder einem Freund schenken, der auch einen VC 64 hat. Somit kann das geistige Gut des Programmierers, das seine Realisierung in Form eines auf der Cassette gespeicherten Programms hat, auf der ganzen Welt verwendet werden, nämlich dort, wo es einen VC 64 gibt. Wenn man bedenkt, daß ein nebenberuflicher Programmierer schon mal 20 Mark die Stunde nehmen kann, sieht man, daß eine Woche Programmieren bereits den Preis des Rechners, also der Hardware, überschreitet. Aus diesem Grund ist auch Software wie jedes geistige Produkt mit Urheberrecht belegt.

Der technologische Fortschritt in der Hardwareproduktion, speziell in Richtung Massenproduktion, läßt die Hardwarepreise ständig sinken. Die Softwarepreise sinken aber nicht, weil menschliche Arbeitskraft nicht billiger wird, nur seltener. Zeichnet man diese Entwicklung auf, so kommt man zu Bild 40. Auch der Preisverfall der Hardware wird sich in Zukunft abflachen, weil selbst bei größter Rationalisierung immer noch feste Kosten entstehen. Der Preisauftrieb bei der Softwareentwicklung kann durch den Einsatz modernerer Programmiersprachen und Programmierhilfen zwar verlangsamt, aber noch lange nicht begrenzt werden. Allerdings geht der Preis für Softwarepakete, die in Massen verkauft werden, pro verkaufter Einheit auch zurück, weil ja lediglich kopiert wird.

Was Flexibilität bedeutet, sei an unserem Beispiel gezeigt. Wir nehmen die Cassette mit dem Martini-Programm aus dem Schrank, schieben sie in den Cassettenrecorder und tippen LOAD

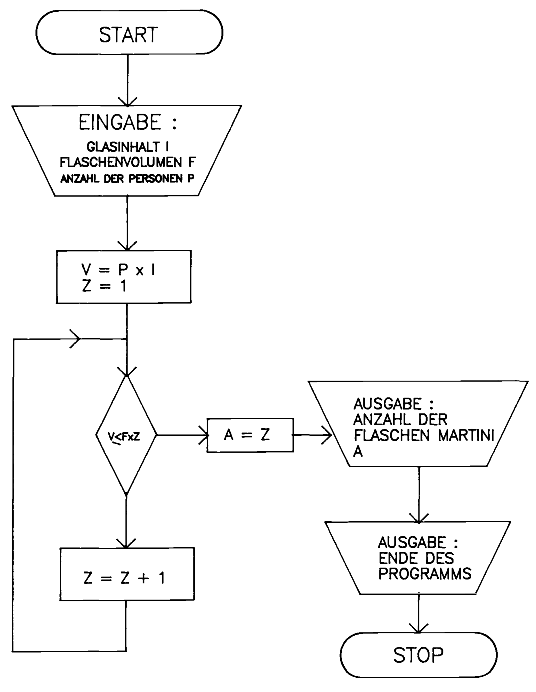


Bild 41: Verbessertes Flußdiagramm zum Martini-Beispiel.

ein (eng. load = laden). Nach einigen Sekunden haben wir das Programm auf dem Bildschirm gelistet.

Mit dem gemäß Bild 41 geänderten Flußdiagramm erhält man als Ergebnis die gewünschte Anzahl von Flaschen Martini und vermeidet die etwas primitive mögliche Antwort „mehr als 2 Flaschen Martini benötigt", die wir noch in dem ersten Flußdiagramm vorgesehen hatten. Um das Programm zum neuen Flußdiagramm in den Rechner zu bekommen, brauchen wir allerdings nicht von Null anzufangen, sondern können das erste Programm derart verändern, daß wir hier z. B. die Zeilen 10, 20, 30, 40 und 80 unverändert lassen und weitere hinzufügen, was schließlich das Programm in Bild 42 ergibt.

Software kann man also zu jedem beliebigen Zeitpunkt verändern. Anders ausgedrückt bedeutet das, daß man Software veränderten Aufgabenstellungen anpassen kann, ohne dabei alles wegwerfen und von vorne anfangen zu müssen. Verwendet man zum Beispiel eine Numerisch Kontrollierte Werkzeugmaschine, die von einem Computer gesteuert wird, kann man ohne weiteres die Werkzeugmaschine durch eine modernere und leistungsfähi-

```
10 INPUT"GLASINHALT ";I
20 INPUT"FLASCHENVOLUMEN ";F
30 INPUT"ANZAHL DER PERSONEN ";P
40 V=P*I
42 REM  V BEZEICHNET DAS VOLUMEN AN KONSUMIERTEM MARTINI
45 Z=1
46 REM  MIT Z WIRD EIN ZAEHLER BEZEICHNET
50 IF V<=F*Z THEN:A=Z:PRINT"ANZAHL DER FLASCHEN MARTINI";A:GOTO80
60 Z=Z+1
70 GOTO 46
80 PRINT"ENDE DES PROGRAMMS"
READY.
```

Bild 42: Verbessertes BASIC-Programm zum Martini-Problem.

gere ersetzen, ohne dabei den Computer gleich auszuwechseln: man braucht lediglich andere Software und selbst die kann aus der vorhandenen durch Modifikation hervorgehen.

Das hier gezeigte Beispiel von Software auf einem Heimcomputer hat volle Allgemeingültigkeit bis hinauf zum Programmieren auf einem IBM-Großrechner: Keinem Programmierer bleibt erspart, seine Aufgabenstellung bis ins kleinste Detail vorab logisch exakt zu erfassen. Selbst schon bei ziemlich einfachen Aufgabenstellungen muß man dafür viel Zeit aufwenden, wie wir beim Martini-Problem gesehen haben. Diese Methode der kleinsten Schritte hat aber auch Vorteile. Wer sich darin mit einem Heimcomputer bis zur Perfektion übt, kann auch eine IBM recht schnell verstehen lernen. Zum anderen stellen die Programmiersprachen Sprachen dar, bei denen es keine Mißverständnisse aufgrund falscher Interpretation gibt. So gibt es heute schon mehr Leute, die BASIC kennen, als solche unterschiedlicher Nationalität, die sich in der gleichen Sprache unterhalten können. Und diese Entwicklung hat auf breiter Basis gerade erst mit der massenhaften Verbreitung von Heimcomputern begonnen.

Die Entwicklung der Informatik verlief dabei so, daß am Anfang zuerst die Großcomputer standen, etwa so einer wie der gezeigte ENIAC. Die Benutzung war dem exklusiven Kreis der Spezialisten vorbehalten; und was weiten Kreisen der Bevölkerung verborgen bleibt, weckt Ängste oder führt zu Fehleinschätzungen. Daß das Wissen um Informatik Macht bedeutet, haben die Amerikaner nach dem zweiten Weltkrieg schnell begriffen und dem besiegten Deutschland bis 1955 jegliche industriellen Aktivitäten auf dem Gebiet der Informatik verboten. Eine Blockade, von der sich ganz Europa bis heute nicht erholt hat. Heutzutage ist das anders: Informatik ist jedem als Allgemeinbildung zugänglich, was aber nicht heißt, daß Informatik eines Tages Jedermannswissen sein wird. Vielmehr wird das Wissen um die Informatik für den

Erfolgreichen in der Industriegesellschaft das sein, was früher einmal das Latein für den Mediziner war. Wir werden auf diese Thematik später noch einmal zurückkommen.

Bisher wurde mehrfach der Begriff DATEN verwendet, ohne dabei eine Begriffsbestimmung zu geben. Da dieser erst mit dem Begriff Software einfach verständlich wird, sei die Erklärung hier gegeben. Der Benutzer stellt dem Rechner zweierlei zur Verfügung: erstens das Programm und zweitens die Eingabedaten. In dem Martini-Beispiel Bild 42 werden die Daten in den ersten drei Zeilen vom Programm eingelesen. Solche Daten nennt man Eingabedaten. Außerdem muß jedes Programm mindestens an einer Stelle die erarbeiteten Daten an den Benutzer abliefern. Diese Daten nennt man Ausgabedaten und sie können auf dem Bildschirm dargestellt oder auf einem Drucker gedruckt werden (Bild 34). Das wird mit der Zeile 50 in Bild 42 erreicht.

Das strikte Trennen von Daten und Programm muß vom Programmierer schon bei der Programmerstellung festgelegt werden. Den in Zeile 20 eingelesenen Wert für das Flaschenvolumen kann man auch umgehen, indem man Zeile 20 streicht und anstelle V kleiner oder gleich F × Z in Zeile 50 die Abfrage V kleiner oder gleich 1500 × Z setzt. Verwendet man dann statt 1,5-Liter-Flaschen nur 1-Liter-Flaschen, muß die Abfrage auf V kleiner oder gleich 1000 × Z geändert werden, d. h. das Programm muß geändert werden. Auch die 1000 wird als Datum bezeichnet, allerdings ist dieses Datum fest im Programm eingebaut. Wir haben also Daten als Eingabedaten, die das Programm beim Abarbeiten einliest und Ausgabedaten, die das Programm ausgibt sowie Daten, die schon ins Programm gepackt sind. Je mehr Daten man ins Programm hineinpackt, um so weniger wird man bei der Ausführung eintippen, aber das Programm muß unvermeidlich geändert werden, sobald man auch nur 1 Datum ändern will. Andersherum ausgedrückt bedeutet das, daß das unveränderte Programm auf weniger Aufgabenstellungen anwendbar ist.

Die Entscheidung, wo man denn ein Datum festlegt (Eingabe, Ausgabe oder ins Programm) ist nicht durch den Computer bestimmt, sondern ausschließlich durch die Aufgabenstellung und den Programmierer. Der Computer erkennt zwar die Daten eindeutig, unterscheidet intern aber nicht zwischen Eingabe-, Ausgabe- und ins Programm gepackte Daten. Daten und Programm werden sogar auf demselben Platz untergebracht: im Hauptspeicher.

Theoretisch wissen wir jetzt perfekt, wie ein Computer aufgebaut ist und was er mit der Software anfängt. In den folgenden Kapiteln wird in Bezug auf praktische Anwendungen gezeigt, was sich mit Computern verschiedener Klassen machen läßt.

4 Anwendungsklassen

Die Leistungsfähigkeit eines Computers ist durch vielerlei Elemente bestimmt. Sicherlich ist eines davon die Geschwindigkeit mit der ein Computer rechnen, z. B. Multiplikationen ausführen kann. Der Autor selbst hatte vor geraumer Zeit die Aufgabe einen Rechner vorzustellen, der in der Industrie zum automatischen Testen eingesetzt wird. Wie üblich, ging alsbald im Auditorium die Frage herum, wie schnell denn die Kiste nun sei. Nach dem Prinzip „Wer dumm fragt kriegt eine dumme Antwort“ war die Antwort: Genauso schnell wie ein Golf GTI! Großes Gelächter. Es ist eine etwas arrogante Antwort, aber der Golf GTI und dieser Rechner haben etwas gemeinsam: Der Begriff Geschwindigkeit (einmal im Sinne von Kilometer pro Stunde, zum andern als Multiplikationen pro Sekunde) sagt allein gar nichts. Genausowenig wie der Golf GTI weder für die Formel 1 noch für das Ziehen eines Heuwagens taugt, aber dennoch ein sehr gutes Auto für den alltäglichen Transport von Personen ist, kann man nicht den genannten Rechner für jedes und alles mit Erfolg einsetzen. Je nach Aufgabenstellung muß man die Merkmale unterschiedlich bewerten. Für jemanden, der nur fünf Kilometer täglich zur Arbeit hat, ist Benzinverbrauch, bei welchem Auto auch immer, kaum ein Thema. Wohl aber für den Handelsvertreter, der fünfzigtausend Kilometer im Jahr fährt. Dafür gibt es doch wohl besser Dieselfahrzeuge.

Was schon beim Auto nicht ganz einfach ist, gilt entsprechend noch etwas unübersichtlicher für die Maschine Computer. Genauso wie man beim Auto grob klassifizieren kann: 1. Dieselauto: relativ langsam, verbrauchsgünstig, langlebiger Motor, 2. Benzinauto: schnell, weniger verbrauchsgünstig, laufruhig, geht das auch mit Computern. Da wir schon Taschenrechner und Heimcomputer kennengelernt haben, wollen wir uns hier auf Computer in der professionellen Anwendung konzentrieren, die man auch nicht mehr als Taschenrechner bezeichnen kann.

Ein einfaches, aber wichtiges Merkmal eines Computers ist, wieviele Benutzer zugleich mit ihm arbeiten können. Bei Taschenrechnern und Heimcomputern ist das klar: jeweils nur eine Person.

Wir haben aber gesehen, daß selbst schon Taschenrechner viel schneller als der Mensch rechnen können. Damit liegt die Überlegung nahe, die Dienste des Computers mehreren Benutzern

gleichzeitig zur Verfügung zu stellen. Wie geht das? Man schreibt dazu ein Programm, das die Benutzer in sehr kleinen Zeitintervallen reihum bedient, z. B. vom ersten Benutzer Daten einliest, mit denen rechnet und das Ergebnis an ein Terminal zurückschickt. Während der Benutzer noch einige Zeit braucht bis er die Informationen gelesen hat, kann das Programm schon Daten vom zweiten Benutzer lesen, verarbeiten und Ergebnisdaten zurückschicken. Je nach Anwendung solche Programme zu schreiben, ist kein allzu großes Problem. Man braucht allerdings einen Rechner, an den man tatsächlich mehrere Terminals anschließen kann und der so schnell das Programm abarbeitet, daß die einzelnen Benutzer nicht zu warten brauchen. Dabei entstehen Zwischenergebnisse, die beim „Weiterschalten" zum nächsten Benutzer gespeichert werden müssen, bis der vorige Benutzer wieder an die Reihe kommt. Das verlangt im Rechner eine Menge von Organisation. Aber das Ganze geht so schnell, daß jeder Benutzer meint, er hätte den Rechner ausschließlich für sich selbst. (Lehrer wenden dieses Prinzip häufig an: Während einer Unterrichtsstunde fragen sie regelmäßig und reihum in die Klasse. Der einzelne Schüler kommuniziert in Wirklichkeit nur wenige Minuten mit dem Lehrer, hat aber nachher den Eindruck, daß der Lehrer die Stunde für ihn ganz allein gehalten hat.) Einen solchen Computer nennt man ein MEHRBENUTZERSYSTEM. Es leitet sich aus der Darstellung in Bild 26 durch Anhängen mehrerer Terminals an die Zentraleinheit ab. In diesem Sinne kann die Leistung der Zentraleinheit besser genutzt werden. Massenspeicher, Drucker und andere an die Zentraleinheit angeschlossene Geräte stehen mehreren Benutzern zur Verfügung. Das bedeutet bessere Auslastung, was auch den Einsatz relativ teurer Geräte wirtschaftlich sinnvoll macht (Laserdrucker zum Beispiel). Der Nachteil ist der, daß mehrere Personen an einer Zentraleinheit hängen und wenn die ausfällt, können gleich alle heimgehen. Aber auch selbst wenn die Hardware nicht ausfällt, birgt die gemeinsame Nutzung des Systems durch mehrere Personen einige Gefahren. Durch Unwissen oder mutwilligen Unfug eines Benutzers kann sich das Programm „verheddern" und nichts geht mehr. In der Praxis braucht ein solches Mehrbenutzersystem deshalb immer einen Fachmann auf Abruf, der im Falle eines Falles alles wieder gerade biegt, so z. B. die Programme von neuem in den Rechner lädt. Damit setzt der Einsatz eines Mehrbenutzersystems schon eine gewisse Unternehmensgröße voraus, denn das Unternehmen muß sich mindestens einen Computerfachmann leisten können. Der Heimcomputer hingegen ist ein Beispiel für ein EINBENUTZERSYSTEM, das für seinen alleinigen Benutzer nach Einschalten läuft.

Neben der Klassifizierung Mehrbenutzer-/Einbenutzersystem nimmt man noch eine zweite vor, die sich ebenfalls von der Anwendung ableitet. Wir haben schon bei Taschenrechnern gesehen, daß es technische und kaufmännische gibt, die schon von der Tastenbelegung her sichtbar verschieden sind. Für große Computersysteme gilt ähnliches. Ein kommerzielles System findet man z. B. in einer Bank. Dabei braucht die Zentraleinheit keine Rechenkünste zu leisten, denn mehr als zwei Stellen nach dem Komma gibt es bei Geldwährungen sowieso nicht. Die Kontoführung verlangt aber das Speichern von sehr vielen Daten, was praktisch bedeutet, daß sowohl Hauptspeicher als auch Massenspeicher entsprechend groß sind. Da das Einbezahlen und Abheben nicht als gefährlich dringend angesehen werden kann, braucht der Rechner auch nicht besonders schnell zu sein. Im technischen Bereich sieht das aber ganz anders aus: Ein Computer, der eine Raffinerie steuert, muß schnellstens auf Meßwerte reagieren können. Steigt der Druck über bestimmte Grenzwerte an und gibt der Computer das Signal zum Öffnen des Ventils zu spät, fliegt die ganze Fabrik in die Luft!

Ein technischer Computer reagiert also auf durch Meßfühler oder Meßinstrumente aufgenommene Daten schnell. Schnell heißt dabei immer, schneller als der zu kontrollierende Prozeß. Systeme, die diese Anforderung erfüllen, nennt man ECHTZEITSYSTEME (engl. Real-Time-Systems). Betrachten wir nochmals unser Prinzipschaltbild in Bild 26, das wir schon für Mehrbenutzersysteme verfeinert haben, so ist für technische Systeme noch die Möglichkeit zum Anschluß von Meßfühlern oder Instrumenten vorzusehen. Die Ein- und Ausgänge seitens des Computers bezeichnet man wieder (s. o.) als Schnittstellen (engl. interface). Damit erweitert man für technische Systeme das Bild 26 um Bild 43. Wir werden darauf noch zurückkommen. Im Gegensatz zu kommerziellen Systemen gibt es keinen Bedarf, Daten über Wochen und Monate hinweg zu speichern.

Offensichtlich erfüllt ein technisches Computersystem andere Bedingungen als ein kommerzielles; wir beziehen diesen Unterschied auch in die Klassifizierung ein. Nehmen wir die zuerst gemachte Klassifizierung dazu, kommen wir zu insgesamt 4 Klassen: kommerzielle Einbenutzersysteme, technische Einbenutzersysteme, kommerzielle Mehrbenutzersysteme und technische Mehrbenutzersysteme. Dabei gibt es für alle vier Fälle genügend Beispiele käuflicher Produkte. Wir beschränken uns in den nachfolgenden Detailbeschreibungen stellvertretend auf vier Rechner (vgl. Bild 44).

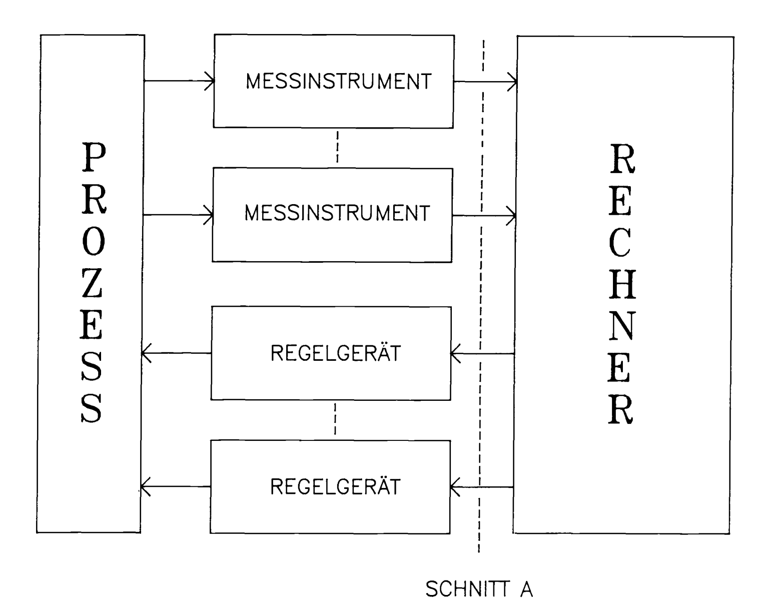


Bild 43: Technische Systeme als Prozeßrechner.

COMPUTERSYSTEME	EINBENUTZER–	MEHRBENUTZER–
KOMMERZIELL	TA alphatronic	IBM System/38
TECHNISCH	H P 8 5	A 7 0 0

Bild 44: Beispiele für die 4 Anwendungsklassen.

4.1 Einbenutzer – Bürocomputer

Büroarbeit ist immer noch geprägt durch Schreibarbeit, Papier auf dem Schreibtisch und im Papierkorb, Ausfüllen von Formularen, Korrigieren von Tippfehlern, Erstellen von Statistiken, Absuchen von Zahlenkolonnen usw. Es liegt nahe, den Menschen von all den Arbeiten zu befreien, die auch eine Maschine machen kann. Das sind insbesondere sich wiederholende, auf dem immer gleichen Prinzip beruhende Arbeiten, wie das Schreiben von Formbriefen, das Ausfüllen von Formularen, das Erstellen von Statistiken. Um nun Sachbearbeiter, Sekretärin oder Manager von diesen unkreativen Aufgaben zu befreien, sollten sie ein Werkzeug haben, das sie individuell nutzen können.

Die Individualität bezieht sich dabei auf zweierlei. Erstens muß der Computer für den individuellen Arbeitsbereich und die Aufgabenstellung taugen und zweitens muß er der einzelnen Person zu jedem Zeitpunkt zur Verfügung stehen. Ein solcher Bürocomputer ist ein Werkzeug wie eine Schreibmaschine und es macht ja auch keinen Sinn, zwei Sekretärinnen nur eine Schreibmaschine zu geben. Der Vergleich ist durchaus passend, denn Bürocomputer sind von etwa 6000 DM an aufwärts zu haben, womit der mehrfachen Anschaffung nichts mehr im Wege steht. Selbst für einen Kleinbetrieb, der nur eine Person für die Buchhaltung angestellt hat, ist die Anschaffung eine machbare und sinnvolle Investition. Allein der Wegfall von den öfters notwendigen Überstunden der Sekretärin macht die Maschine alsbald bezahlt.

Ob nun Kleinbetrieb oder Großunternehmen, was nutzt denn ein solcher Bürocomputer? Die Antwort sei an dem Beispiel eines typischen Exemplars, dem „alphatronic“ der Firma Triumph-Adler, gegeben. Bild 45 zeigt das gute Stück. Im Gegensatz zum Heimcomputer VC 64 wird kein Fernsehgerät zur Anzeige genommen, sondern ein spezieller Bildschirm, der augenfreundlich die Informationen in Grün auf Schwarz darstellt und dazu noch mit viel feinerer Rasterung, so daß man ihn auch aus geringer Entfernung ablesen kann, ohne dabei Kopfschmerzen zu bekommen. An die Stelle des Cassettenrecorders tritt ein sogenanntes Diskettenlaufwerk (Diskette = engl. floppy), das mit der Zentraleinheit und Tastatur im gleichen Gehäuse untergebracht ist. Ein DISKETTENLAUFWERK ist eine Abart eines Magnetplattenlaufwerkes. Der Unterschied zur Magnetplatte liegt darin, daß der Datenträger keine steife Platte ist, sondern eine runde Kunststoffolie, die mit magnetisierbarem Eisenbrei beschichtet ist. Das Ganze packt man in eine rechteckige Kartonhülle, die einen Leseschlitz für das Aufsetzen des Schreib-/Lese-Kopfes frei-



Bild 45: Der individuelle Computer am Arbeitsplatz im Büro.

läßt und kommt damit zu der sogenannten DISKETTE (Bild 46). Gegenüber dem Magnetband hat man den Vorteil des schnellen Zugriffes, gegenüber der Magnetplatte den des weitaus geringeren Preises und Gewichtes. Für einen Computer dieser Preisklasse ist das genau der richtige Massenspeicher.

Es gibt aber auch einen Haken gegenüber der Magnetplatte. Bei der Magnetplatte schwebt der Schreib-/Lese-Kopf bekanntlich auf einem Luftpolster über der Platte, was eine exakt ebene und nicht verformte Oberfläche verlangt. Das ist mit der Plastikfolie in der Diskette, die so schwabbelig wie eine noch nicht gebackene Pizza ist, nicht zu machen. Deshalb arbeitet das Diskettenlaufwerk anders: Schiebt man die Diskette ins Laufwerk, so senkt sich der Schreib-/Lese-Kopf über dem Schlitz auf der Folie



Bild 46: Diskette in ihrer nicht zu öffnenden Schutzhülle. Der Schreib-/ Lesekopf berührt die magnetisierbare Schicht an dem gezeigten Schlitz.

ab, berührt sie also, und ein kleiner Elektromotor dreht die Folie in der rechteckigen Kartonhülle. Es besteht also zwischen Kopf und Diskette mechanischer Kontakt, was einerseits bei Kopf und Diskette mechanischen Verschleiß verursacht und andererseits der Rotationsgeschwindigkeit Grenzen setzt. Um den Verschleiß so gering wie möglich zu halten, schalten Diskettenlaufwerke nach einigen Sekunden des Nichtbenutzens ab (etwa 5 Sekunden). Braucht der Computer später wieder Daten von der Diskette, muß er die Anlaufzeit des Elektromotors abwarten, was im Bereich von einer Zehntelsekunde liegt und somit für die Anwendung nicht als störend empfunden wird.

Neben dem Einsatz als Massenspeicher kommt der Diskette noch eine weitere Bedeutung zu, nämlich die als Datenträger für Software. Da Kaufleute, Lagerverwalter oder Sekretärin normalerweise keine tiefergehende Programmiererfahrung haben, sollten sie auch nicht ihre Zeit mit Programmieren vergeuden, sofern es diese Programme zu einem annehmbaren Preis zu kaufen gibt. Das ist deshalb möglich, weil Software für einen Bürocomputer in Zehntausenden von Exemplaren verkauft wird und somit zu einem guten Preis anbietbar wird. So bietet z. B. der Hersteller Triumph-Adler ein umfangreiches Angebot an Software: Textverarbeitung, Fakturierung, statistische Berechnungen, Adressenver-

waltung, Zahlungsverkehr, Lagerverwaltung, Geldmittelplanung, Ärzteabrechnung usw. an. Das alles kann man im Fachgeschäft in Form einer Diskette mit Bedienungshandbuch kaufen, was offensichtlich viel schneller geht als selbst programmieren (Geld ausgeben geht ja bekanntlich immer schneller als arbeiten.). Gerade das Vorhandensein eines umfangreichen Angebots von Software für einen Bürocomputer bestimmt den Nutzen, den der Käufer aus der Investition zieht.

Aber auch den Fall, daß Sie selbst programmieren wollen oder von anderen Computern Programme übernehmen wollen, unterstützt der alphatronic in beispielhafter Weise. Erstens unterstützt er vier Programmiersprachen (neben BASIC noch das sogenannte FORTRAN, COBOL und Pascal, wobei insbesondere COBOL im kaufmännischen Bereich verwendet wird). Zweitens sollte man sich auch noch ein ganz spezielles Programm anschauen, nämlich das sogenannte BETRIEBSSYSTEM (engl. operating system). Ein Betriebssystem existiert in jedem Rechner, die Frage ist nur, ob der Benutzer per Konstruktion die Möglichkeit hat, auf dieses Programm zuzugreifen. Taschenrechner bieten die Möglichkeit aufgrund des geringen Preises und der Anwendung für ziemlich einfache Aufgabenstellung nicht. Wofür ist ein Betriebssystem gut? Es kümmert sich um den Daten- und Befehlstransport innerhalb der Zentraleinheit, von Zentraleinheit zum Hauptspeicher, zum Massenspeicher und schafft die Daten zur Anzeige auf den Bildschirm. Es nimmt dem Benutzer die ganze interne Verwaltung des Rechners ab. (Noch in den sechziger Jahren gab es Computer ohne Betriebssystem, wo der Benutzer jeden einzelnen Datentransfer von Hand als kurze Befehle einzutippen hatte!)

Schreibt man zum Beispiel ein Programm in BASIC, so bedient sich die Programmiersprache ebenfalls des Betriebssystems, das die BASIC-Befehle in die Zentraleinheit zum Abarbeiten schafft, Daten von der Diskette liest, Ergebnisse an den Drucker sendet, Fehlermeldungen auf dem Bildschirm ausgibt usw. Man kommt also zu einer Hierarchie gemäß Bild 36. Das Problem stellt sich dann, wenn man Programme zwischen Rechnern verschiedenen Typs austauschen will. Von der Hardware her wird die Diskette jeweils unterschiedlich angesprochen, die Hauptspeicher sind unterschiedlich organisiert usw. Verwendet man aber das gleiche Betriebssystem, so kann dieses Programm für den Benutzer diese Unterschiede verstecken (Wie in der Politik: Jede Bananenrepublik hat seine Fluggesellschaft, schwarze Staatskarossen und seine Motorradeskorte aus Bayern. Wie es hingegen im Land selbst aussieht, ist gar nicht so einfach auszumachen.).

Zwei unterschiedliche Computer mit gleichem Betriebssystem können ohne Einschränkung Software austauschen. Das wiederum macht höhere Stückzahlen pro Programm, was sich für den Benutzer in einem geringeren Kaufpreis ausdrückt.

Für den alphatronic wird eines der weltweit verbreiteten Betriebssysteme verwendet: CP/M (CP/M ist eingetragenes Warenzeichen der Digital Research Inc.), was in dieser Klasse de facto Standard geworden ist. Damit hat man als Benutzer Zugang zu einer riesigen Softwarebibliothek und die Sicherheit, seine Software weiterverwenden zu können, wenn man eines Tages einen anderen Computer kauft.

Die erwähnte Massenproduktion von Hardware und Software birgt aber auch eine Gefahr. Da die amerikanische Computerindustrie weltweit beherrschend ist, verwendet man vorzugsweise englische Begriffe. Für den Spezialisten stellt das kein Problem dar, er muß eben genauso Englisch lernen wie ein Flugzeugführer. Bürocomputer werden aber kaum von Spezialisten der Informatik benutzt: Da ist es verlorene Zeit, sich durch ein englisches Handbuch durchzuwursteln, sich mit einer amerikanischen Tastatur abzuquälen, wenn man doch auf der landeseigenen blindschreiben und bei jeder Fehlermeldung im Wörterbuch nachschauen kann. Ein solches Sprach- und Tipp-Problem kann dem Sachbearbeiter oder der Sekretärin den Arbeitsalltag ganz erheblich vermiesen. Zum Glück haben die meisten Hersteller die Notwendigkeit zum Eindeutschen, „Einfranzösischen“, oder was auch immer, erkannt und bieten genormte Schreibmaschinentastaturen, übersetzte Handbücher und Anzeigen auf dem Bildschirm in Landessprache, so geschehen z. B. beim alphatronic.

4.2 Technische Einbenutzersysteme

In der gleichen Preisklasse wie der alphatronic liegen die Tischcomputer der Serie 80 von Hewlett-Packard. Wie auch beim alphatronic hat man von einem Modell eine ganze Geräteserie abgeleitet. So gibt es dieselbe Zentraleinheit mit Cassetten- oder Diskettenlaufwerk als Massenspeicher und mit eingebauten Bildschirmen verschiedener Größe oder einem, den man daneben oder oben drauf stellt. Außerdem sind verschiedene Drucker anschließbar (Bild 47). Die verwendete Cassette unterscheidet sich allerdings von der Compactcassette. Der Bandtransport wird durch eine mit einem Reibrad angetriebene Plastikbandschleife bewirkt, womit das Magnetband immer gleichmäßig gespannt wird. Auf-



Bild 47: HP 85 mit eingebautem Cassettenlaufwerk, Thermodrucker und Bildschirm. Rechts daneben zusätzlicher Drucker.

gezeichnet wird wie bei einem großen Magnetbandspeicher digital, womit auch professionelle Anwendung sichergestellt ist.

Die verwendeten Bildschirme erlauben grafische Ausgabe und es sei hier kurz erklärt, wie das funktioniert. Der Bildschirm ist mechanisch genauso aufgebaut wie ein Schwarzweißfernsehgerät. In der Bildröhre wird ein Elektronenstrahl erzeugt, der auf der Vorderseite auf eine Phosphorschicht trifft und diese zum Leuchten anregt. Mittels Spulen und magnetischer Felder lenkt man den Elektronenstrahl ab und tastet sich somit zeilenweise von der linken oberen Ecke bis zur rechten unteren durch. Das Ganze geht so schnell, daß das menschliche Auge lediglich ein feststehendes Bild wahrnehmen kann. Im Gegensatz zum Fernseher aber stellt

man keine Grautöne dar, sondern nur „Weiß“ und „Schwarz“. „Weiß“ kommt dadurch zustande, daß der Elektronenstrahl auftrifft, für „Schwarz“ fängt man ihn durch ein entsprechend geladenes Gitter in der Röhre ab. Beim HP 85 ist der Bildschirm in 256 mal 192 Punkten organisiert. Dementsprechend gibt es einen speziellen Speicher, den GRAFIKSPEICHER (engl. graphics memory), der 256 mal 192 bits umfaßt. (Die 256 Spalten sind beliebig gewählt, aber zur besten Nutzung der internen Verarbeitung mit Dualzahlen eben gerade eine Potenz von 2 : $2^8 = 256$. Mit den 192 Zeilen kann man das 8-bit-Wort nicht ganz ausnutzen, ist aber nicht zu ändern, denn man verwendet aus ästhetischen Gründen (Briefformat) niemals quadratische Bildschirme.)

Zwischen Bildschirmanzeige und Grafikspeicher besteht eine 1-zu-1-Beziehung: Ist ein bit auf 1 gesetzt, so gibt es an der dem bit entsprechenden Stelle auf dem Bildschirm einen weißen Punkt. Ist es auf 0 gesetzt, bleibt die entsprechende Stelle dunkel. Der Elektronenstrahl streicht 50 mal pro Sekunde über den Bildschirm und dabei wird jedesmal der Grafikspeicher gelesen. In dieser Weise baut sich das Bild auf dem Bildschirm Punkt für Punkt auf. Es wäre sicher unsinnig, vom Programmierer zu verlangen, jeden einzelnen Punkt für sich anzusprechen. Deshalb hat der Hersteller bereits die Programmiersprache BASIC um 16 graphische Befehle erweitert. Mit einem Befehl kann man z. B. durch Angeben von Anfangs- und Endpunkt eine Linie zeichnen, mit einem anderen durch Angabe von Mittelpunkt und Radius einen Kreis usw. Da wir es gewohnt sind, technische Zeichnungen mit Zirkel und Lineal zu machen, kann man hier in gleicher Weise auch komplizierte Bilder zusammensetzen.

Die einzige Begrenzung liegt in der Auflösung, d. h. wieviele Bildpunkte insgesamt, z. B. auf dem Bildschirm, dargestellt werden können. Beim HP 85 sind es also $256 \times 192 = 49\,152$ Punkte.

Um solche schönen grafischen Bilder auf Papier zu bekommen, gibt es die Möglichkeit, einen grafischen Drucker anzuschließen. Das verlangt ein weiteres Gehäuse mit Stromversorgung. Außerdem sind grafische Drucker nicht ganz billig, da sie ja nicht mit 88 verschiedenen Typen auf 44 Typenhebeln wie eine elektrische Schreibmaschine auskommen. Jeder Punkt muß einzeln gedruckt werden, was mit einem Druckkopf aus feinsten Nadeln gemacht wird, die auf ein Farbband drücken.

Einen solchen Drucker kann und sollte man an den HP 85 anschließen, wenn man schnell und viel auf preiswertes Papier drucken will. Der HP 85 bietet noch einen andere Lösung an: den eingebauten THERMODRUCKER. Er ist nur an einem zehn

Zentimeter breiten Schlitz an der Oberseite des Gehäuses zu erkennen, wo das Papier herausgeschoben wird. Zum Drucken braucht man Spezialpapier und zwar solches, das mit einer wärmeempfindlichen Oberfläche beschichtet ist. Im Drucker bewegt sich darüber ein Druckkopf, der aus feinsten Heizelementen besteht, die Punkt für Punkt auf das Papier Wärme abstrahlen oder nicht. Dort wo Wärme abgestrahlt wird entsteht Schwärzung, womit sich das Bild wiederum aus einzelnen Punkten zusammensetzt. Der Prozeß ist mit der Fotografie vergleichbar, nur daß anstelle von sichtbarem Licht Wärmestrahlung tritt und hier kein Entwickeln notwendig ist.

Diese Methode hat gegenüber dem mechanischen Drucken mittels Farbband auf Normalpapier einige Vor- und Nachteile. Da keine Typenhebel oder Nadeln bewegt werden, gibt es kein Geräusch. Das Druckwerk ist klein und kann in den Rechner wie beim HP 85 eingebaut werden; es muß also nicht extra angeschlossen werden und steht somit immer zur Verfügung.

Der Leser wird sich sicher schon gewundert haben, wie man mit Unterschieden zwischen „heiß“ und „kalt“ an sehr kleinen Heizelementen auch noch schnell drucken kann. Schließlich braucht es ja einige Zeit Metall aufzuwärmen und wieder abzukühlen (der Kaffee ist ja morgens auch nie rechtzeitig fertig und man verbrennt sich die Finger an der Kaffeemaschine auch noch nach Abschalten!). Daran ändert auch der Thermodrucker nichts. Man setzt ganz einfach die Heizelemente auf einen kleinen Metallblock, der die Wärme hinreichend schnell abführt. Beim Dauerbetrieb heizt sich der Metallblock langsam auf, es gibt also keine „kalten“ Punkte mehr: Der Thermodrucker ist ganz einfach nicht für Dauerbetrieb geeignet.

Das Thermopapier ist auch nur eingeschränkt zu verwenden: Zigarette in die Nähe und das Bild ist geschwärzt. Damit ist Thermopapier nicht dokumentenecht. Schließlich ist es wegen der notwendigen Beschichtung teurer als normales Papier. Nichtsdestoweniger ist der Thermodrucker eine gute Sache als preiswertes, eingebautes Druckwerk, um ab und zu mal schnell eine Kopie vom Bildschirm zu machen. Das in Kapitel 7.1 gezeigte Bild 86 der Raumfähre ist von einem Thermodrucker erstellt.

Nach all diesen technischen Feinheiten wird man sich fragen, was denn den HP 85 zu einem technischen Einbenutzersystem macht. Dafür gibt es zwei Gründe. Den ersten erkennt man, wenn man den Rechner herumdreht und die Rückseite anschaut (Bild 48). Dort befinden sich Anschlüsse für Meßinstrumente, Steuerungs- und Regelungsgeräte usw. Das ist bei einem kommerziellen Rechner nicht notwendig.



Bild 48: Einschubschlitze für Erweiterungen und Schnittstellen-Module.

Solche Anschlüsse, Schnittstellen genannt, erlauben es eine Vielzahl von z. B. Meßinstrumenten verschiedenster Hersteller anzuschließen. Wichtig dabei ist nur, daß Computerschnittstelle und Meßinstrumentschnittstelle gemäß den gleichen technischen

Spezifikationen gebaut sind. Da müssen gleiche Stecker verwendet werden, die Spannungspegel übereinstimmen, die Übertragungsgeschwindigkeit von beiden Geräten verarbeitbar sein und zum Datenaustausch die Daten von beiden Geräten in gleicher Weise geschrieben bzw. gelesen werden. Man braucht also eine Norm, die das alles festlegt. Es haben sich dabei international zwei Normen etabliert und zwar IEEE-488 und V. 24 (im amerikanischen mit RS-232 bezeichnet). Für Meßinstrumente wird weltweit IEEE-488 eingesetzt. Beide Schnittstellen werden mit dem HP 85 angeboten. Damit ist es möglich eine Unzahl verschiedenster Geräte, die diese Norm erfüllen, an den Rechner anzuschließen und damit auch komplizierte Systeme zusammenzubauen, bei denen der Rechner alle diese Geräte kontrolliert, koordiniert sowie für diese Daten verarbeitet. Wie eine solche Norm technisch aussieht, wird im Kapitel über Kommunikation gezeigt.

Der zweite Grund ist in dem zum Rechner erhältlichen Softwareangebot zu sehen. Da gibt es für den HP 85 solche wie Lineares Programmieren, Fourier Transformation, Netzwerkanalyse usw. Sind solche Programme z. B. in BASIC geschrieben, gibt es im Standard-BASIC keine Befehle, um etwa Daten von einem Meßinstrument einzulesen. Deshalb verwendet man ein erweitertes BASIC (engl. ENHANCED BASIC), das dem Standard-BASIC noch die nötigen Befehle hinzufügt. Diese Erweiterungen sind aber herstellerabhängig, was bedeutet, daß die Programme nicht ohne Änderung auf andere Rechner übertragbar sind.

Wie kommt es aber, daß man bei der Definition von Programmiersprachen bisher kaum das Ansprechen von peripheren Geräten wie Meßinstrumenten bedacht hat? Nun, in der Geschichte der Entwicklung der Programmiersprachen folgte man wie so üblich dem Geld: In den fünfziger Jahren führte IBM die Sprache COBOL für kommerzielle Anwendungen ein (COBOL = Common Business Oriented Language). Dafür braucht man aber keine Befehle zum Einlesen von Daten von Meßinstrumenten! Die Techniker haben COBOL nicht brauchen können, zumal sie es gewohnt waren, die Zentraleinheit selbst ohne Betriebssystem zu programmieren. Und so ist die Entwicklung der Programmiersprachen in erster Linie in Richtung auf das gegangen, was sich in der Zentraleinheit selbst tut, mit der Konsequenz, daß man selbst beim modernen BASIC mit einem ENHANCED BASIC auf einem technischen System arbeiten muß.

Die Trennung zwischen technischen und kommerziellen Systemen soll hier noch kurz kommentiert werden. So wie es einerseits auch Schnittstellen für den alphatronic gibt, gibt es kommerzielle Software für den HP 85. Andererseits gibt es kein

COBOL für den HP 85 und keine Software, um den alphatronic in der Industrieautomation einzusetzen. Es gibt also immer eine Grauzone von Anwendungen, die von beiden Typen bearbeitet werden können. Soll jedoch (z. B. aus Kostengründen) ein Rechner sowohl für technische als auch kommerzielle Anwendungen eingesetzt werden (im Labor, um am Tag Blut zu analysieren, abends um die Rechnungen zu schreiben), gilt es vorher genau zu prüfen, wo der Rechner zuerst an seine Grenzen stößt, sei es durch seine Konstruktion, also Hardware, oder durch nichtvorhandene Programme, also Software.

Eines jedoch ist dem alphatronic und dem HP 85 gemeinsam: Es sind beides Einbenutzersysteme, man kann kein Terminal für einen zweiten Benutzer anschließen.

4.3 Kommerzielle Mehrbenutzersysteme

Als typisches Beispiel sei die Anwendung in einer Bank betrachtet. In einem zentral installierten Rechner sind die Kontodaten der Kunden gespeichert. Mehrere entfernte Filialen haben gleichermaßen Zugriff auf diese Daten. Man hat also einen Rechner und mehrere Benutzer gleichzeitig. Das ist, wie oben schon beschrieben, durch stückweises Bedienen der einzelnen Benutzer reihum möglich. Die Hardware muß es dabei erlauben, mehrere Terminals an den Rechner anzuschließen, was bei den Rechnern aus den beiden vorherigen Kapiteln nicht möglich war. Das Programm bedient dabei mehrere Benutzer reihum derart schnell, daß die Verzögerung kaum wahrnehmbar ist.

Selbst aber das Bedienen mehrerer Benutzer durch denselben Rechner mit einem entsprechend geschriebenen Programm kann bedeuten, daß der Rechner nicht ausgelastet ist, seine Zeit mehr mit warten als mit arbeiten verbringt. Man kann jetzt so vorgehen, daß man ganz einfach noch andere Arbeiten in das Programm hineinpackt: ein bißchen statistische Auswertung, ein bißchen frisierte Bilanz fürs Finanzamt und ähnliches. Das alles in ein Riesenprogramm hineinzupacken macht das Leben unangenehm schwer, weil man ganz einfach schon beim Programmieren den Überblick verliert, vom aktuellen Betrieb ganz zu schweigen.

Man kann das Problem mit dem Betriebssystem lösen und zwar folgendermaßen: Das Betriebssystem wird so geschrieben, daß es gleichzeitig mehrere Programme bedient: Es schafft für ein kurzes Zeitintervall jeweils nur einen Teil eines Programms in die Zentraleinheit, bearbeitet diesen Teil, speichert die Zwischen-

ergebnisse und geht zum nächsten Programm, wovon in gegebenem Zeitintervall ebenfalls nur ein Teil bearbeitet wird. So geht das dann reihum, für eine beschränkte Anzahl von Programmen. Ist ein Programm endgültig abgearbeitet, wird es aus dem Kreislauf herausgenommen. All das organisiert dieses „Dienstprogramm", das sich Betriebssystem nennt. Für den Außenstehenden sieht es tatsächlich so aus, als ob die Zentraleinheit gleichzeitig mehrere Programme bearbeitet. Ein solches System nennt man deshalb MEHRPROGRAMM-System (engl. multiprogramming system). Die spezielle Form, jedem Programm ein bestimmtes Zeitintervall zuzuordnen, läßt auch den Begriff TIME-SHARING-System (deutsch: Zeitteilung) verwenden.

Fassen wir zusammen: Ein Mehrbenutzersystem wird durch entsprechende Hardware, ein Mehrprogramm-System durch das Betriebssystem ermöglicht. Das eine schließt das andere nicht aus, weshalb große Computersysteme zugleich Mehrbenutzer- und Mehrprogrammsysteme sind. So ein System kann leicht 100 000 DM kosten und es stellt sich die Frage, ob man dafür nicht besser mehrere kleine Einbenutzersysteme kauft. Aber erstens sind kleine Einbenutzersysteme den großen an reiner Rechengeschwindigkeit unterlegen, zweitens setzt der kleinere Hauptspeicher Grenzen bei der Verarbeitung großer Programme und drittens gibt es keine Möglichkeit, Ressourcen gemeinsam zu nutzen, sei es im Sinne von Hardware (z. B. Laserdrucker) oder im Sinne von Daten (große Datenmengen auf Massenspeichern). Die Anwendung entscheidet! So paßt zum Beispiel der alphatronic nicht in die Bank zur Kontoverwaltung, wohl aber sehr gut in die Schreinerei, um Rechnungen zu schreiben, wo man sicherlich nicht für 120 000 DM einen Computer mit Klimaanlage installieren wird.

Die Anwendung in der Bank zeigte uns schon die Notwendigkeit für große Speicher, Hauptspeicher und Massenspeicher. Mit dieser Unmenge von Informationen wird täglich gearbeitet, wobei es aber sinnlos wäre, würden sich die Informationen nur in der Maschine drehen. Informationen müssen erst einmal rein in die Maschine und wieder raus. Menschen kommunizieren also intensiv mit dem Computer. Und dazu muß das ganze System dem Menschen derart angepaßt sein, daß diese Kommunikation reibungslos funktioniert.

Man betrachte die Ein- und Ausgabe von Informationen mittels eines Terminals. Auf dem Bildschirm erscheinen Informationen, die vom Benutzer verstanden werden. Was aber passiert, wenn ein Fehler gemacht wird? Zu diesem Zweck zeigt das System Fehlermeldungen an, z. B. „Buchstaben abgewiesen, bitte Wert in Ziffern eingeben!". Der Computer arbeitet als Gesprächspartner,

macht Aussagen und fragt, z. B. „Bitte Wert auf 2 Stellen genau eingeben:“. Einen solchen Betrieb nennt man INTERAKTIV.

In den Anfängen der elektronischen Datenverarbeitung gab es das nicht, die Rechner arbeiteten alle im sogenannten STAPELBETRIEB. Der Begriff stammt daher, daß der Benutzer seine Daten (und sein Programm) auf einem fernschreiberähnlichen Stanzer in Papierkarten in Form von Löchern gestanzt und damit einen Stapel von Lochkarten hatte, die von der Maschine eingelesen wurden. Gab es mehrere Benutzer, so wurden diese Stapel aufeinandergetürmt und in ein Lesegerät geschoben, das sich von Lochkarte zu Lochkarte durcharbeitete. Bevor aber alle Karten eines Benutzers nicht gelesen waren, konnte der Rechner das Programm nicht starten. Wer also seine Karten ganz hinten im Stapel hatte, mußte warten, bis alle davorliegenden eingelesen waren. Das kann dauern!

So schlecht der Stapelbetrieb auch erscheinen mag, er wird auch heute noch angewendet. Die gestapelten Informationen in Form der gestapelten Karten haben nämlich den Vorteil, daß man sie in eine Ecke legen und dann einlesen kann, wenn man das Programm abarbeiten will. So kann man zum Beispiel rechenintensive Programme (statistische Auswertungen) dann abarbeiten, wenn der Rechner nichts zu tun hat, z. B. nachts. Da muß nicht die Rechenleistung mit anderen Benutzern eines Mehrbenutzersystems geteilt werden, d. h. das Programm läuft sehr schnell. Hat man mehrere solche Nachtprogramme abzuarbeiten, verzichtet man sogar auf das Zerstückeln der Programme wie im time-sharing, was ja einiges an Zeit zum Speichern der Zwischenergebnisse verbraucht. Die Nachtprogramme werden eines vollständig nach dem anderen abgearbeitet. Wenn da weitere Programme eine Stunde warten müssen, schadet das auch nichts. Die Nacht ist lang, wenn nur alles bis zum nächsten Morgen ausgedruckt vorliegt. Für Tagbetrieb wendet man kaum noch Stapelbetrieb an: Man kann schlecht die einzelnen Benutzer am Bildschirm Minuten oder Stunden warten lassen, nur weil gerade mal ein großes Programm im Stapel drankommt. Da muß man dann wieder zerstückeln, z. B. time-sharing.

In dem Marktsegment der kommerziellen Mehrbenutzersysteme ist nach wie vor IBM führend, weshalb wir hier als Beispiel das System/38 zeigen wollen (Bild 49).

Es können bis zu 80 Terminals angeschlossen werden, also zugleich maximal 80 Benutzer bedient werden. Bei der Vielzahl der Benutzer müssen Vorkehrungen getroffen werden, daß aufgrund der Fehlbedienung eines Benutzers, mutwillig oder nicht, 79 andere warten. Das zusammen mit der Tatsache, daß die Benutzer



Bild 49: Kommerzielles Mehrbenutzersystem.

keine Computerspezialisten sind, verlangt nach *einfachen* und *eingeschränkten* Zugriffsmöglichkeiten auf das System für jeden Benutzer. Dabei hilft uns die sogenannte MENÜ-Technik. Bild 50 zeigt solche Menüs, die auf den Bildschirmen der Terminals angezeigt werden. Wie im Restaurant zwingt auch hier das Menü den Benutzer sich lediglich zwischen den gemachten Vorschlägen zu entscheiden. Genauso wie ein Menü im Gegensatz zu „à la carte" vermeidet, daß Kartoffeln mit Mousseline und Pommes Frites bestellt werden, hat der Benutzer nicht die Möglichkeit, Fehler beim Umgang mit dem Computer zu machen. Durch die beschränkte Auswahl kann sich der Benutzer auch schnell entscheiden ohne lang zu überlegen.

Auf den ersten Blick scheint diese Technik den Benutzer doch wohl für dumm zu verkaufen. Man sollte sich aber vor Augen halten, daß es bei einem Achtstundentag auch darum geht, so wirksam wie möglich mit dem Computer zu arbeiten, d. h. so wenig wie möglich Zeit für seine Bedienung aufzuwenden (von dem Vermeiden von Fehlbedienung ganz zu schweigen). Und dafür ist die Menütechnik derart ideal, daß sie in noch weiter verbesserter Form auf den noch zu besprechenden Personal Computern eingesetzt wird.

Mit dem System/38 kann man also bis zu 80 Benutzer



Bild 50: Beispiele für Menü-Technik: auf den Bildschirmen erscheinen Abfragen oder Formulare zum bloßen Ausfüllen per Tastatur.

bedienen. Um mit all den Daten fertig zu werden, braucht ein derartiges System entsprechend viel Speicherplatz, dabei in Bezug auf Hauptspeicher und auf Massenspeicher. Als Massenspeicher können bis zu 6 Magnetplattenlaufwerke angeschlossen werden, was insgesamt eine Speicherkapazität von 3096 Millionen bit ergibt. Um mit derartig großen Zahlen besser umgehen zu können, mißt man in größeren Einheiten als in bit. Um alle Buchtstaben des Alphabets in Groß- und Kleinschreibung sowie alle Ziffern darzustellen, kommt man mit einer Codierung von höchstens 8 bit aus (denn das macht $2^8 = 256$ Möglichkeiten, was mehr als genug ist und noch Platz für Sonderzeichen wie $, % usw. bietet). Unabhängig von dem Typ des Rechners, faßt man deshalb einfach 8 bit in

einer neuen Einheit zusammen und nennt das 1 Byte (z. B. verwendet man im französischen nicht Byte, das ist zu amerikanisch, man sagt „octet", was unmittelbar die Gruppierung von 8 bit erklärt): 1 Byte = 8 bit. Auch im deutschen verwendet man die Einheit Byte. Damit kann man die Speicherkapazität des genannten Plattenspeichers mit 387 Millionen Byte beschreiben. Wie üblich verwendet man auch hier die Gruppierungen in 1000-er Einheiten, Kilo- genannt, sowie die in 1 000 000-er Einheiten, Mega- genannt. Wir können also sagen, daß der Plattenspeicher eine Kapazität von 387 Megabyte besitzt.

Verwendet man dieselbe Einheit zum Beschreiben des Hauptspeichers, so kommt man beim System/38 auf 4 Megabyte. Das sind bereits recht große Speicherkapazitäten, wenn man mit dem Hauptspeicher von handelsüblichen Heimcomputern vergleicht, die mit 16 Kilobyte auskommen und damit schon Schachprogramme mittleren Schwierigkeitsgrades ablaufen lassen.

Wir haben also knapp 100 mal mehr Speicherplatz auf den Platten als im Hauptspeicher. Die Zentraleinheit verarbeitet aber nur Daten, die im Hauptspeicher gespeichert sind. Um an alle Daten heranzukommen, werden also dauernd Daten aus dem Massenspeicher in den Hauptspeicher transportiert und andere wieder auf den Massenspeicher ausgelagert. Es besteht also ein dauerndes Hin- und Her zwischen Hauptspeicher und Massenspeicher. Im Prinzip könnte man auch den Hauptspeicher so groß machen, daß sofort alle Daten aus dem Massenspeicher hineinkopiert werden können. Das ist ganz einfach aus wirtschaftlichen Gründen nicht machbar: ein Hauptspeicher dieser Größe wäre unbezahlbar.

Dieses Hin- und Herschaufeln von Daten aber braucht Zeit. Wenngleich der Zugriff auf Daten auf einer Magnetplatte recht schnell erledigt werden kann, muß doch, wenn auch eventuell nur teilweise, die Drehung der Platte auf die gewünschte Stelle und das Positionieren des Schreib-/Lese-Kopfes abgewartet werden. Macht man das nun sehr oft, z. B. theoretisch für jedes einzelne Byte, so ergibt das bei einigen Millionen Byte für den Benutzer unangenehme Wartezeiten. Deshalb verfährt man nicht so und verwendet eine Methode, die sich aus dem täglichen Umgang mit Daten in Form von solchen, die auf Papier aufgeschrieben und in Ordnern und Regalen abgelegt sind, ergibt:

Man kann davon ausgehen, daß sehr häufig die zur Bearbeitung eines Vorgangs notwendigen Daten an einem gewissen Platz gehäuft auftreten. So ein Platz kann ein Regal, ein Ordner oder sogar ein einziges Formular sein. Schließlich packt man in eine Personalakte ja auch alle Daten einer Person, vom Curriculum

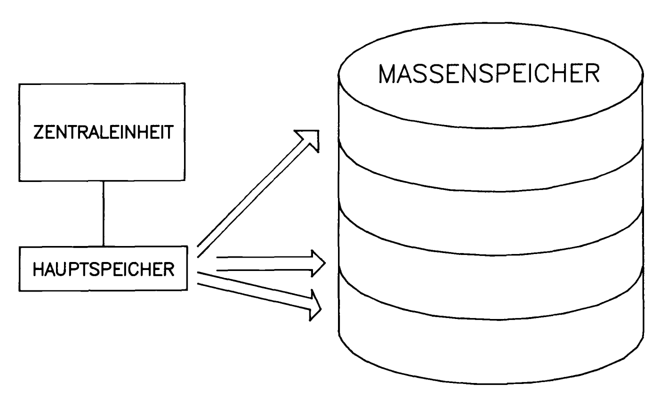


Bild 51: Virtueller Speicher.

Vitae bis zur Sozialversicherung und verstreut nicht diese Daten über zwanzig verschiedene Ordner! Wendet man dieses Prinzip auf Computer an, so treten anstelle der Ordner eben die Massenspeicher. Braucht der Computer ein Datum aus dem Massenspeicher, so wird nicht nur dieses eine Datum in den Hauptspeicher eingelesen, sondern gleich eine gewisse Umgebung um dieses Datum herum, eben in der Erwartung, daß man weitere Daten aus dieser Umgebung unmittelbar brauchen wird (Bild 51). Beim Zugriff auf diese Daten braucht der Rechner dann nicht mehr auf das Übertragen von der Platte zu warten!

Dieses Prinzip bezeichnet man als VIRTUELLEN SPEICHER. Virtuell ist dabei vom Standpunkt der Zentraleinheit aus zu sehen: Die Zentraleinheit greift auf einen Hauptspeicher zu, in dem so gut wie immer schon alle Daten, die aus dem Massenspeicher gebraucht werden, „drin" sind. Es sieht also so aus, als hätte der Hauptspeicher die gesamte Speicherkapazität des Massenspeichers, der z. B. beim System/38 ja knapp 100 mal so groß ist. Dieses Hin- und Herschaufeln von ganzen Umgebungen von Daten, wird nicht dem Programm zugemutet, es ist bereits ein Teil des Betriebssystems und arbeitet somit automatisch. Wie wir uns erinnern, ist ja gerade das Betriebssystem u. a. für das Verwalten von Daten verantwortlich. Nicht jedes Betriebssystem bietet die Möglichkeiten eines Virtuellen Speichers. Es lohnt sich erst bei Anwendungen, wo große Datenmengen bearbeitet und womit Rechner mit großen Speichern eingesetzt werden, denn der Virtuelle Speicher als Teil des Betriebssystems ist bereits ein großes Programm, das selbst viel Platz im Hauptspeicher braucht (um die 128 Kilobyte). Allein diesen Teil des Betriebssystems könnte man gar nicht in den Hauptspeicher des VC 64 bringen, der auf 64 Kilobyte

ausgelegt ist, vom notwendigen Platz für Daten und Programme im Hauptspeicher ganz zu schweigen.

Neben den Terminals zur Datenausgabe in Form von auf dem Bildschirm angezeigten Informationen, werden Daten auch auf Papier ausgegeben, sei es zur Dokumentation oder zum Verschicken. Die große Speicherkapazität läßt folgerichtig darauf schließen, daß auch der Umfang an gedruckten Informationen groß sein wird. Zu diesem Zweck gibt es mechanische Druckwerke, die bis zu 1200 Zeilen pro Minute ausgeben können. Dabei werden Buchstaben oder Zeilen durch Abdrücken von Typen auf Farbband gedruckt. Dabei hämmern vom Computer angesteuerte Elektromagnete auf diese Typen. Die Typen können auf Typenrädern oder schnell umlaufenden Bändern aufgestanzt sein, oder auch, wenn es langsamer zugehen darf, auf Typenhebeln oder Kugelköpfen wie bei elektrischen Schreibmaschinen.

Das Problem ist aber immer dasselbe: Mechanik verschleißt, muß nachjustiert werden und macht Krach. Außerdem kann man aufgrund der Geschwindigkeit nicht die Technik von Nadeldruckern anwenden (vergleiche Kapitel 4.2), es kann also auch keine Grafik ausgegeben werden. Für Briefköpfe, Symbole, Formulare bleibt keine andere Möglichkeit als vorgedrucktes Papier in den Drucker einzuspannen. Man zahlt also doppelt: für den Drucker mit Computer und für die Dienste einer Druckerei für Formulare. Aber auch darauf gibt es heute eine Antwort und die heißt LASERDRUCKER (LASER = Light Amplification by Stimulated Emmision of Radiation = Verstärkung von Licht durch angeregtes Aussenden von Strahlung).

Der Laserdrucker ist nichts anderes als ein umgebauter Fotokopierer. Bekanntlich sitzt in jedem Fotokopierer eine starke Lichtquelle, die das Original beleuchtet. Eine oder mehrere Linsen bilden dieses Bild auf die Kopie dann so ab, daß an schwarzen bzw. weißen Stellen statische Aufladungen entstehen bzw. nicht entstehen, die wiederum Kohlestaub anziehen bzw. nicht anziehen. Durch kurzzeitiges Erwärmen wird der Kohlestaub festgebrannt – wir haben eine Kopie des Originals. Der Laserdrucker ersetzt sowohl Original als auch Lampe durch einen vom Computer gesteuerten Laserstrahl. Im Prinzip könnte man auch eine andere Lichtquelle verwenden, nur kann kein noch so gutes optisches System das Licht einer Glühbirne derart gut bündeln, daß man ein DIN-A4-Bild Punkt für Punkt zusammensetzen könnte. Der Laserstrahl beleuchtet Punkt für Punkt eine vorab elektrostatisch aufgeladene Trommel. Punkt für Punkt steuert der Computer ein Tor, das den Laserstrahl durchläßt oder nicht. Wird der Strahl bei einem Punkt durchgelassen, so verliert die Trommel an dieser



Bild 52: LASER-Drucker.

Stelle ihre Ladung. Es entsteht also ein „Bild“ aus elektrostatischen Ladungen auf der Trommel. Die Trommel zieht Kohlestaub an und damit hat man das Bild auf der Trommel in Form von Kohlestaub. Die Trommel walzt diesen Staub auf ein Papier, wo kurz eingebrannt wird und das nächste Blatt Papier kommt dran. Bild 52 zeigt einen solchen Laser-Drucker. Mit dem gezeigten Modell kann man 100 Seiten pro Minute drucken – sowohl Text als auch Grafik. Damit braucht man keine vorgedruckten Formulare mehr zu verwenden.

Wir haben also gesehen, was ein kommerzielles Mehrbenutzersystem ausmacht: große Speicher, viele Terminals und leistungsfähige Drucker. Die Geschwindigkeit in Bezug auf den Rechner selbst ist nicht kritisch. Der einzige Maßstab ist darin zu sehen, daß keiner der Benutzer an seinem Terminal spürbar lange auf seine Antwort warten sollte. Ob das eine viertel oder eine halbe Sekunde dauert, ist unerheblich. Ganz anders im technischen Bereich, das wir uns im nächsten Kapitel anschauen wollen.

4.4 Technische Mehrbenutzersysteme

Unter einem Technischen Mehrbenutzersystem sei ein Computer verstanden, der zugleich mehrere Aufgaben erledigen kann, und zwar im Sinne des Bedienens mehrerer Benutzer an verschiedenen Terminals, als auch dem Abarbeiten mehrerer Programme gleichzeitig im noch etwas zu variierenden Sinne von Time-Sharing.

Setzen wir einen solchen Computer zum Regeln einer elektrischen Heizung ein, so können wir ein technisches Einbenutzersystem verwenden. Von seiten der Hardware können wir den schon beschriebenen HP 85 verwenden, der, wie gezeigt, Möglichkeiten bietet, Thermofühler und Relais anzuschließen. Wir brauchen nur noch ein Programm zu schreiben, das regelmäßig die Temperatur vom Thermofühler abfragt und dann die Heizung ein- oder ausschaltet. Kein Problem also. Stellt sich nur die Frage, ob es sinnvoll ist, für das Regeln einer einzigen Heizung einen Computer wie den HP 85 einzusetzen. Im Labor kann das sinnvoll sein, aber in einer Fabrik hört die Aufgabenstellung nicht mit der einen Aufgabe auf. Da müssen noch andere Aufgaben erledigt werden, wie z. B. das Überwachen des Flüssigkeitspegels in einem Tank oder das Ansteuern des Einfüllstutzens über einem Fließband (Bild 53). Würde man für jede der drei genannten Teilaufgaben, die wir richtigerweise TEILPROZESS nennen wollen, einen Computer kaufen, würde jeder Computer die meiste Zeit nichts tun. So kann das Abfragen der Temperatur im Teilprozeß „Heizung“ alle 5 Sekunden geschehen. Dafür braucht der Computer einige Millisekunden. Beim Teilprozeß „Tank“ sollte man schon häufiger den Flüssigkeitsstand von einem Meßfühler abfragen, denn vielleicht kann der Pegel von unter Minimum auf über Maximum in weniger als 5 Sekunden steigen! Legen wir uns also auf Abfragen des Pegels alle 1 Sekunde fest, damit das Ventil rechtzeitig geschlossen werden kann. Da aber auch dieses Abfragen nur einige Millisekunden dauert, tut der Computer auch hier die meiste Zeit nichts anderes als Warten bis 1 Sekunde abgelaufen ist.

Beim Teilprozeß „Fließband“ hingegen ist selbst eine Sekunde nicht genug: Wenn die Flasche unter dem Stutzen ankommt, muß im Bruchteil einer Sekunde das Ventil im Einfüllstutzen aufmachen, die entsprechende Menge einfüllen und wieder schließen. Dann geht es weiter zur nächsten Flasche. Macht das Ventil zu früh auf, kleckert die Flüssigkeit daneben. Schließt das Ventil zu spät, läuft die Flasche über. Der Computer hier muß sehr oft die Position der Flaschen unter dem Stutzen abfragen. Trotz-

PROZESS	BEARBEITET DURCH	PRIORITÄT	ANGESTOSSEN DURCH
TEILPROZESS HEIZUNG	PROGRAMM 1	3	INTERRUPT VOM TEILPROZESS HEIZUNG
TEILPROZESS TANK (MAX, MIN)	PROGRAMM 2	2	INTERRUPT VOM TEILPROZESS TANK
TEILPROZESS FLIESSBAND	PROGRAMM 3	1	INTERRUPT VOM TEILPROZESS FLIESSBAND

Bild 53: Teilprozesse für Mehrprogrammbetrieb in Echtzeit.

dem wäre dieser Teilprozeß, wie bei den zuvor genannten Prozessen, noch keine „Vollbeschäftigung“ für einen Computer.

In der Anwendung des aus 3 Teilprozessen zusammengesetzten PROZESSES, verwendet man vielmehr ein Computersystem, das alle 3 Teilprozesse bedienen kann. Wie schon im Time-Sharing arbeitet die Maschine jedes der Programme Stück für Stück ab. Trotzdem taugt Time-Sharing in der beschriebenen Form nicht. Warum?

Man stelle sich den einfachen Fall vor, daß im Time-Sharing gerade das Programm zum Teilprozeß „Heizung“ bearbeitet wird und in diesem Moment fehlt eine Flasche auf dem Fließband im Teilprozeß „Fließband“. Der Einfüllstutzen weiß das aber nicht und will abfüllen. Der Computer kann aber zu dieser Zeit nicht die Information bezüglich fehlender Flasche verarbeiten, weil er gerade mit dem Teilprozeß „Heizung“ beschäftigt ist, wenngleich auch nur kurz. Die Flüssigkeit geht also nicht in die Flasche sondern ins Leere und verschmiert das Fließband.

Wir sehen also, daß das sture Abarbeiten von Programmen in Stücken und reihum, Time-Sharing, für die Prozeßanwendung nichts taugt, weil Ereignisse aus der Umwelt, dem Prozeß, even-

tuell gar nicht vom Computer zur Bearbeitung angenommen werden. Wir müssen also das sture Prinzip des Time-Sharing fallen lassen und uns nach einer Methode umschauen, mehrere Teilprozesse zu bedienen und sicherzustellen, daß jeder Teilprozeß gerade dann an die Reihe kommt, wen er es braucht. Anders ausgedrückt bedeutet das, daß der PROZESS BESTIMMT, WELCHES PROGRAMM DER COMPUTER WANN ABARBEITET.

Die Planung der Programmabläufe wird also durch die Umwelt bestimmt. Dabei muß vom Computer her sichergestellt sein, daß beim Umschalten zwischen den Programmen keine Daten verloren gehen, daß wieder an der richtigen Stelle weitergemacht wird usw. Wie wir wissen, ist das die Aufgabe des Betriebssystems und ein derartig spezielles Betriebssystem nennen wir ein ECHTZEIT-BETRIEBSSYSTEM (engl. Real Time Operating System).

Bevor eine Anwendung mit einem Echtzeit-Betriebssystem gestartet wird, ist einiger Aufwand an Planung zu treiben. Die Informationen, die der Anwender, der Prozeß–Ingenieur, hat, müssen dem Computer mitgeteilt werden. So wissen wir, daß der Teilprozeß „Heizung" weniger zeitkritisch ist als Teilprozeß „Tank" und dieser wiederum weniger zeitkritisch als der Teilprozeß „Fließband". Anders ausgedrückt heißt das, daß die Bearbeitung des Teilprozesses „Heizung" bedenkenlos für eine gewisse Zeitspanne unterbrochen werden kann um z. B. den Teilprozeß „Fließband" zu bedienen. Dahinter steht ein naturwissenschaftliches Axiom, das für unsere natürliche als auch technische Umwelt Bedeutung hat: Alles läuft stetig ab. Daß Bäume nicht sprunghaft wachsen, weiß jeder. Genauso erwärmen sich Heizkessel nicht sprunghaft: Je mehr Flüssigkeit drin ist, umso langsamer geht es, d. h. umso weniger oft muß man die Temperatur kontrollieren. Aber selbst eine Explosion ist ein stetiger Ablauf, wenngleich wir das kaum als solches wahrnehmen: Filmt man eine Explosion mit einer Hochgeschwindigkeitskamera und schaut sich das danach in extremer Zeitlupe an, so sieht man, wie sich langsam das Objekt aufpilzt, es entstehen Risse und ganz langsam trennen sich Teile ab. Fliegt einem das um die Ohren, ist der Eindruck selbstverständlich ein vollständig anderer. Somit gilt für jeglichen Prozeß, daß man ihn als einen stetigen betrachten kann, man muß nur die Zeitspanne entsprechend wählen. Genauso wie wir einen Baum auch mal einen Tag aus dem Auge lassen können (er wächst schon weiter, keine Sorge!), genauso kann der Computer auch den Teilprozeß „Heizung" für einen gewissen Zeitraum sich selbst überlassen und sich anderen Teilprozessen widmen. Dabei können gewisse Teilprozesse länger „alleine" gelassen werden als andere.

Deshalb weist man jedem Prozeß eine PRIORITÄT zu, die sich im Setzen von Prioritäten für die zu bearbeitenden Programme wiederfindet (vergleiche Bild 53). Wie wir gesehen haben, ist der Teilprozeß „Fließband" wichtiger im Sinne von „zeitkritisch", als der Teilprozeß „Heizung". Hinzu kommt, daß der Computer die Möglichkeit bietet, das Programm 1 in Bild 53 zu unterbrechen, um mit dem Programm 3 weiterzumachen. UNTERBRECHUNGEN (engl. INTERRUPT) müssen von der Hardware als auch Software möglich sein. Von seiten der Hardware braucht man Schnittstellenkarten, die Informationen von der Umwelt, dem Prozeß, aufnehmen können, um diese der Zentraleinheit weiterzuleiten, um z. B. auf Programm 3 zu springen. Diese Informationen können z. B. Meßwerte sein, die gegebene Grenzwerte übersteigen (genauso wie ein Teekessel pfeift, sobald er unter Dampf steht) oder auch ein Kontakt, der von einem Objekt berührt wird, wenn dieses auf dem Fließband vorbeiläuft. Von der Software her muß sichergestellt sein, daß bei einer Unterbrechung das laufende Programm korrekt beendet wird, Zwischenergebnisse wiederfindbar gespeichert werden, und daß in einer vorher bekannten Zeitspanne das Bearbeiten des aufgerufenen Programmes aufgenommen wird. Alles das wird ebenfalls durch das Betriebssystem sichergestellt, womit wir die beiden wesentlichen Merkmale eines Echtzeitbetriebssystems beieinander haben:

Ein ECHTZEITBETRIEBSSYSTEM verarbeitet Unterbrechungen und bearbeitet mehrere Programme gleichzeitig, wobei der Ablauf durch die Ereignisse in der Umwelt, z. B. in einem Prozeß, bestimmt wird.

Man unterstellt dabei immer, daß der Computer auch in der Lage ist, in Bezug auf Geschwindigkeit das zu tun, was die Teilprozesse von ihm erwarten. Erstens müssen dazu die Daten schnell vom Computer eingelesen werden können und dann auch wieder schnell nach außen abgegeben werden. Zweitens müssen die Daten schnell verarbeitet werden. Es sei mit Absicht nicht gesagt, was hier „schnell" heißen soll. „Schnell" ist hier relativ zu verstehen und zwar allein und einzig in Bezug auf die Anwendung. Außerdem kommt es darauf an, wieviel Teilprozesse man an den Computer hängt: Da sich die Teilprozesse die Zeit in der Zentraleinheit teilen, verlangsamt sich die Antwortzeit des Computers mit zunehmender Anzahl der Teilprozesse. Der Begriff „Echtzeit" ist dabei im Gegensatz zu „Zeitlupe" zu verstehen: Der Computer mit seinem Betriebssystem ist so schnell, daß er einen Prozeß in Echtzeit bedienen kann (schließlich kann man einen Prozeß nicht auf Zeitlupe verlangsamen, damit der Computer mitkommt).

Es gibt noch andere Beispiele für den Einsatz von technischen Mehrbenutzersystemen als nur den in der Kontrolle von Prozessen. Die Fähigkeiten zu Unterbrechungen und Echtzeitbetrieb jedoch sind allgemeingültig. Was ein Prozeß ist, wurde hier an konkreten Beispielen gezeigt. Wir werden im Kapitel über industrielle Automation nochmals darauf zu sprechen kommen. Im übernächsten Kapitel werden wir ein solches technisches Mehrbenutzersystem kennenlernen.

Wie wir gesehen haben, gibt es sehr unterschiedliche Aufgabenstellungen für kommerzielle und technische Computersysteme. Während bei kommerziellen Systemen große Speicher und viele Terminals wichtig sind, kommt es bei technischen Systemen auf Schnelligkeit in der Ausführung vieler kleiner Programme an. Außerdem müssen Daten schnell in den Rechner gelesen und wieder ausgegeben, sowie Unterbrechungen verarbeitet werden. Den Ablauf der Programme kann man lediglich vorbereiten, aber nicht vorhersagen, denn er ist durch die Anwendung bestimmt. Das bedeutet, daß man vor Einsatz eines solchen Systems alle Möglichkeiten durchzudenken hat. Somit wird das Schreiben von Programmen für derartige Anwendungen besonders aufwendig. Ein Programmpaket zum Steuern- und Überwachen eines chemischen Prozesses mit 200 Teilprozessen kostet bereits etwas mehr als 100 000 DM!

4.4.1 *Der Fließkommaprozessor, der Turbolader zum Computer*

Wir wollen hier einen Gesichtspunkt der Verarbeitung von Informationen bei einem technischen Mehrbenutzersystem näher betrachten. Im Gegensatz zu kommerziellen Rechnern, bei denen die Zahlverarbeitung einerseits nach zwei Stellen nach dem Komma uninteressant wird (hundertstel Pfennige gibt es ja nicht) und zum anderen nach oben im voraus abschätzbare Grenzen gegeben sind (10^{38} Dollar ist ein Wert, der praktisch sicherlich nicht vorkommt), ist der Umfang der zu verarbeitenden Zahlen bei technischen Systemen ungleich größer. Deshalb, und um sich nicht mit unnötigen Nullen herumschlagen zu müssen, verwendet man im technischen die sogenannten FLIESSKOMMAZAHLEN. Man schreibt z. B. anstelle 0.0000007842 besser 7.842^{-7}, wobei 7.842 Mantisse und –7 Exponent heißen. Genauso schreibt sich 19668700000000000 als 1.96687^{16}. Man kann also sehr große aber auch sehr kleine Zahlen in ähnlicher Weise darstellen, was die Übersichtlichkeit sichtbar verbessert.

Der Rechner setzt intern diese Zahlen auf die in den Anfangskapiteln beschriebenen Dualzahlen um. Für jede Zahl muß der Rechner also zwei, wenn auch ziemlich kurze, Speicherplätze reservieren: einen für die Mantisse und einen für den Exponenten. Bedenkt man, daß mit einem technischen Rechner üblicherweise Zahlen zwischen 10^{-99} und 10^{99} verarbeitet werden, so erkennt man sofort den Vorteil: Der Rechner wird nicht mit unnötigen Nullen vollgestopft. Der Umfang an verarbeiteten Zahlen ist damit viel größer als bei einem kommerziellen System. Es können auch noch Ziffern auf der neunten Stelle nach dem Komma wichtig sein! Für die Zentraleinheit bedeutet das, daß die Halbaddierer viel Arbeit haben, was wiederum Rechenzeit verbraucht. Während die Zentraleinheit aber mit Addieren beschäftigt ist, kann sie keine anderen Daten verarbeiten. Für technische Systeme aber ist Geschwindigkeit sehr wichtig und man muß sich deshalb überlegen, wie man der Zentraleinheit speziell für solche Fließkommaoperationen helfen kann. Das Problem löst sich durch das Hinzufügen eines speziellen FLIESSKOMMAPROZESSORS (engl. Floating Point Processor), der als „Unterauftragnehmer" der Zentraleinheit das Verarbeiten von Fließkommazahlen abnimmt (Bild 54). Jedesmal wenn eine Addition, Subtraktion, Multiplikation oder Division von Fließkommazahlen ausgeführt wird, liefert die Zentraleinheit diese Zahlen beim Fließkommaprozessor ab, dieser berechnet das Ergebnis und die Zentraleinheit kann das Ergebnis später abholen.

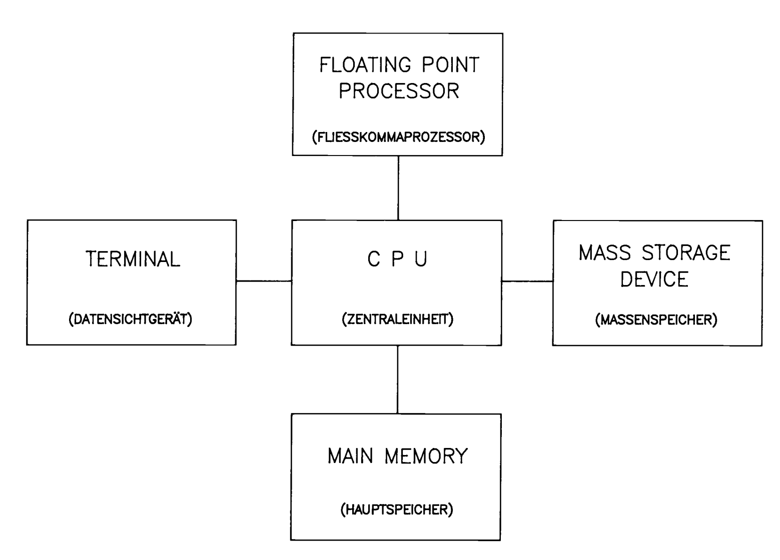


Bild 54: Der Fließkommaprozessor.

Das Rechnen mit einem Fließkommaprozessor geht deshalb schneller, weil in ihm nicht nur Halbaddierer wie in der Zentraleinheit eingebaut sind, sondern Schaltungen, die unmittelbar addieren, subtrahieren, multiplizieren und dividieren können. Wie wir wissen, werden in der Zentraleinheit alle 4 Grundrechenarten derart zerlegt, daß sie auf Additionen zurückgeführt sind, die von Halbaddierern erledigt werden können. Dieses Zerlegen wird durch das Betriebssystem gemacht, das ja bekanntlich auch ein Programm ist und damit der Zentraleinheit Zeit wegnimmt. Im Fließkommaprozessor hingegen ist das Programm in Form von Hardware fest eingebaut.

Fassen wir zusammen: Der Fließkommaprozessor verarbeitet Fließkommaberechnungen schneller als die Zentraleinheit, weil er dazu kein Programm (als Teil des Betriebssystems) braucht. Er ist nicht wie die Zentraleinheit programmierbar, weil seine Funktion nicht per Programm, sondern durch Konstruktion und Verdrahtung bestimmt ist. Somit kann er nichts anderes als Fließkommaberechnungen ausführen. Vergleicht man die Geschwindigkeit einer Zentraleinheit zum Ausführen von Fließkommaoperationen mit der des Fließkommaprozessors, so ist der Fließkommaprozessor etwa 5 mal so schnell.

Man hat also mit dem Fließkommaprozessor Arbeit aus der Zentraleinheit ausgelagert. Im technischen Bereich verwendet man oft Matrizenberechnungen. Was eine Matrix ist, sei an Bild 55 gezeigt. Es handelt sich um eine regelmäßige Anordnung von Zahlen. Für solche Matrizen gibt es sogar Rechenoperationen, die sich von den Rechenoperationen der sie bildenden Zahlen ableiten. So kann man Matrizen addieren (sehr einfach: man addiert Zahlen, die an entsprechend gleichen Plätzen stehen) oder multiplizieren. Beim Multiplizieren muß jede Zeile der ersten Matrix mit jeder Spalte der zweiten multipliziert werden (vergleiche Bild 55). Man braucht also

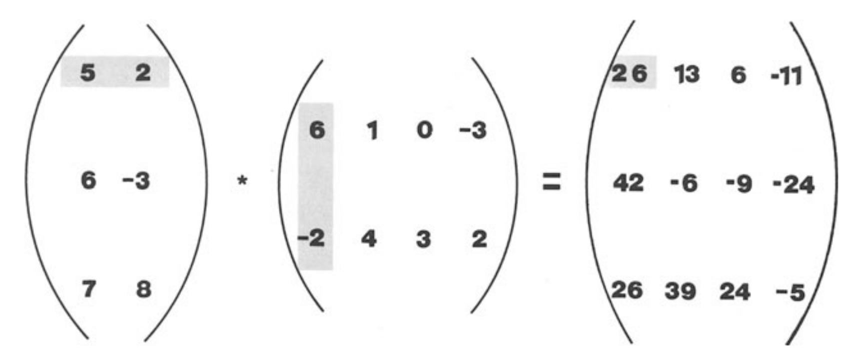


Bild 55: Beispiel einer Matrix-Multiplikation: (26 = 5∗6 + 2∗(−2)).

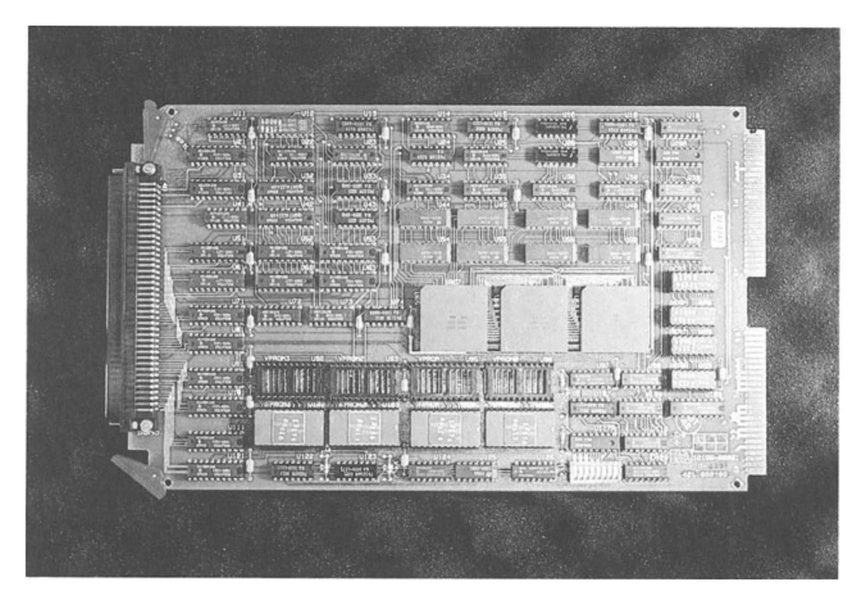


Bild 56: Rechenbeschleunigungsprozessor.

eine Vielzahl von einzelnen Multiplikationen, die man einzeln über den Fließkommaprozessor ausführen kann. Um auch das noch zu verbessern, erweitert man die Fähigkeiten des Fließkommaprozessors zum sogenannten RECHENBESCHLEUNIGUNGSPROZESSOR (engl. CAP = Computation Acceleration Processor), in den die Zentraleinheit ganze Matrizen hineinschafft und sich ausschließlich die Ergebnismatrix abholt. Gegenüber dem Fließkommaprozessor verbessert man nochmals die Verarbeitungsgeschwindigkeit pro Fließkommaoperation um den Faktor 2.

In Bild 56 ist ein solcher Rechenbeschleunigungsprozessor zu sehen, auf dem sich drei Integrierte Schaltkreise abheben: einer für Addition und Subraktion, einer für Multiplikation und einer für Division. Genau dieser Rechenbeschleunigungsprozessor wird bei dem im nächsten Kapitel gezeigten Computer verwendet.

Durch das Verwenden eines Fließkommaprozessors oder eines Rechenbeschleunigungsprozessors kommt man zu einem Computer, in dem zwei Prozessoren arbeiten: die Zentraleinheit und der Fließkommaprozessor (Bild 54). Setzt man dieses Idee fort, so kommt man zur modernen Konstruktion der sogenannten „Verteilten Intelligenz“.

4.4.2 *Das Prinzip der Verteilten Intelligenz*

Gehen wir nochmals zu Bild 43 zurück. In der Anwendung als Rechner zum steuern eines Prozesses haben wir gesehen, daß eine Vielzahl von Meßinstrumenten und Kontrollgeräten an den Rechner angeschlossen werden. Auf diesem Weg werden Daten erst einmal erfaßt, zwischengespeichert, als Fließkommazahlen dargestellt und dann in den Hauptspeicher des Rechners eingelesen. Die Verwaltung dieses Datenflusses obliegt der Zentraleinheit mit ihrem Betriebssystem. Die Zentraleinheit muß sich also um den Datentransport in den Rechner und aus ihm heraus kümmern und noch Programme abarbeiten. Die Zeit, die die Zentraleinheit für das Verwalten des Datentransportes aufwendet, geht aber an der zur Bearbeitung von Programmen ab! Der Rechner wird langsamer.

Es liegt nun nahe, die Aufgaben der Ein-/Ausgabe-Verwaltung der Zentraleinheit wegzunehmen und dies durch einen speziellen EIN-/AUSGABEPROZESSOR erledigen zu lassen. Damit wird die Zentraleinheit nur ab und zu zwecks Koordinierung zwischen ihr selbst und dem Ein-/Ausgabeprozessor gestört. Man verwendet besser gleich nicht nur einen Ein-/Ausgabeprozessor, sondern einen pro Ein-/Ausgabekanal, was zu einer Konstruktion gemäß Bild 57 führt. Dies wird als das PRINZIP

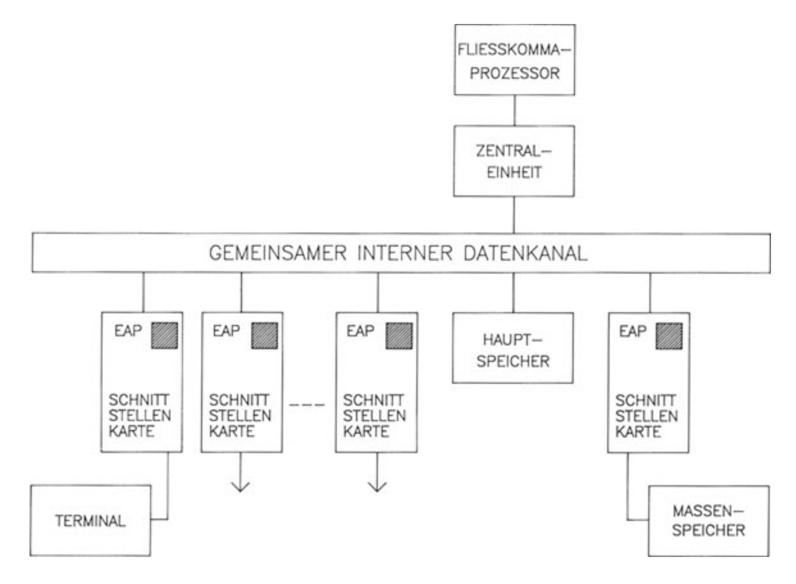


Bild 57: Prinzip der Verteilten Intelligenz mit Zentraleinheit, Fließkommaprozessor und Ein-/Ausgabeprozessoren (EAP).



Bild 58: Technisches Mehrbenutzersystem in verschiedenen Ausbaustufen.

DER VERTEILTEN INTELLIGENZ bezeichnet: Die „Intelligenz“ befindet sich nicht mehr zentral in der Zentraleinheit. Jeder Ein-/Ausgabeprozessor kann nun für sich Daten in den Hauptspeicher ein- und wieder auslesen, ohne daß dabei die Zentraleinheit ihre Arbeit unterbricht. Da diese Ein-/Ausgabeprozessoren im

Gegensatz zur Zentraleinheit speziell für Ein-/Ausgabe ausgelegt sind, erreicht man auch viel höhere Geschwindigkeiten beim Datentransport in den Hauptspeicher und wieder heraus.

Bild 58 zeigt die Realisierung eines technischen Mehrbenutzersystems. Diese Systeme sind erstaunlich klein und eine der gezeigten Ausführungen ist nicht größer als ein Fernseher (das Gerät rechts im Vordergrund). Dabei ist alles in ein Gehäuse eingebaut: Zentraleinheit, Hauptspeicher mit 512 Kilobyte, Schnittstellenkarten sowie Massenspeicher, hier Disketten. Das Terminal sitzt gerade obendrauf und die Tastatur liegt davor.

Im Hintergrund sieht man die größeren Systeme, die dann zusätzlich größere Hauptspeicher, Plattenlaufwerke und mehr Platz für Schnittstellenkarten bieten. Die Rechner kann man sich gemäß den Bedürfnissen zusammenstellen und damit das möglich ist, sind Zentraleinheit, Hauptspeicher und Schnittstellen auf Einschubkarten gleicher Größe untergebracht (Bild 59), die in einen Kartenkäfig (Bild 58 vorne rechts) eingeschoben werden. Im Vordergrund ist eine Einschubkarte gezeigt, welche einen 512-Kilobyte-Hauptspeicher darstellt. Es handelt sich um Computer der Firma Hewlett-Packard der Serie A, wobei A für „Automator“ steht, was bedeutet, daß es sich hier um technische Systeme mit großer Zuverlässigkeit handelt.

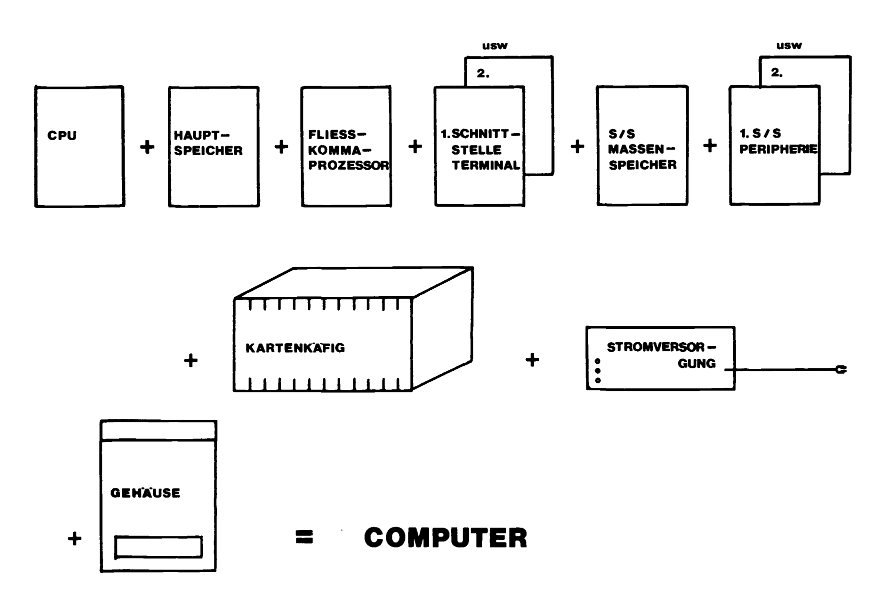


Bild 59: Bestandteile eines technischen Computers. Vergleiche auch mit Bild 58!

Jetzt sollen auch Zahlen bezüglich der Geschwindigkeit genannt werden. Unter Verwendung des Rechenbeschleunigungsprozessors verarbeitet die Serie A bis zu 450 000 Fließkommaoperationen pro Sekunde. Mit den speziell verwendeten Ein-/Ausgabeprozessoren können Daten mit einer Geschwindigkeit von bis zu 4 Millionen Bytes pro Sekunde in den Rechner gebracht oder aus ihm gelesen werden. (Ein vergleichbares Modell ohne Ein-/Ausgabeprozessoren erreicht 1,9 Millionen Bytes pro Sekunde.).

Diese Serie A hat noch einen Leckerbissen zu bieten, auf den für technisch interessierte Leser hingewiesen sei. Die Ein-/Ausgabeprozessoren verwenden kein Silizium als Trägermaterial, sondern Saphir, auf dem eine dünne Schicht Silizium aufgebracht ist, die die Transistorfunktionen gewährleistet. Diese Technologie nennt man SOS (Silicon-On-Saphir). Sie bietet wichtige Vorteile gegenüber reinem Silizium. Da Saphir kaum Elektronen aufnimmt, kann man bildlich gesprochen sagen, die Elektronen „rutschen" über das Trägermaterial hinweg, was vereinfacht die Schnelligkeit der Ein-/Ausgabeprozessoren zum Durchschleusen von Daten erklärt. Weil kaum Elektronen durch den Saphir wandern, ist der Stromverbrauch extrem gering. Damit kann man die Stromversorgungen kleiner bauen, die Platinen enger zusammenpacken und braucht weniger Lüfter zur Kühlung. Wo aber weniger Hitze entsteht, gibt es auch weniger Verschleiß und das Risiko, daß der Computer ausfällt, ist geringer. Das alles erklärt auch die geringen Abmessungen der in Bild 58 gezeigten Rechner.

4.5 Die interne Darstellung: das bit

Neben der in den vorigen Kapiteln besprochenen Klassifizierung von Rechnern kann man noch eine andere vollziehen, die sich auf die Wortlänge, die der Rechner intern verwendet, bezieht. Es handelt sich dabei um eine sehr technische Betrachtung, die allerdings oft fälschlicherweise als das einzig wahre Kriterium angepriesen wird, weshalb darauf kurz eingegangen sei.

Betrachten wir noch einmal in einfachster Weise, wie man zwei Dualzahlen addiert und zwar von Hand: 101 + 110. Zuerst addiert man die letzten Ziffern beider Zahlen, dann die vorletzten, dann die drittletzten und fügt jeweils noch den Übertrag hinzu, sofern einer vorliegt. Das eigene Gehirn arbeitet damit wie ein einziger Halbaddierer und klappert die Zahlen von hinten nach vorne ab. Ein Taschenrechner macht es genauso.

Jetzt liegt es nahe, mehrere Halbaddierer zu verwenden und gleichzeitig die letzten, vorletzten, vorvorletzten usw. Ziffern zu

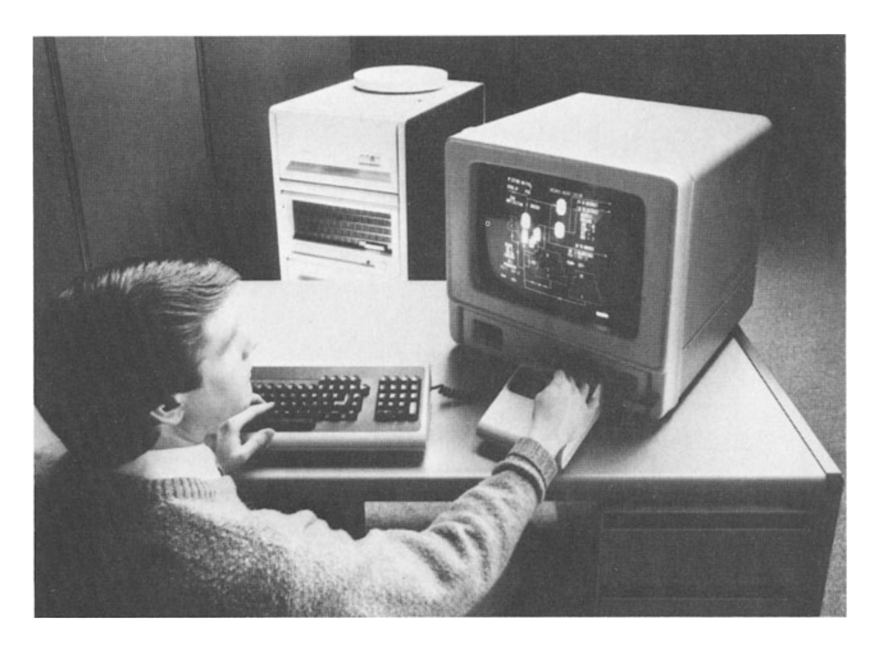


Bild 60: 32-bit-Rechner mit Farbgrafik-Terminal.

addieren und nachher noch die Überträge dazuzunehmen. Das kann das Gehirn nicht, aber die Maschine, sofern man mehrere Halbaddierer verwendet. So verarbeitet zum Beispiel der beschriebene VC 64 acht Stellen von Dualzahlen gleichzeitig. Um diese Fähigkeit auszunutzen ist der ganze Rechner einschließlich Hauptspeicher in 8-bit-Einheiten organisiert, weshalb man ihn kurz einen 8-bit-Rechner nennt. Mit 8 bit kann man aber nicht mehr als 256 Zahlen darstellen, was selbst zu einfachsten Berechnungen nicht ausreicht. Und dazu zerlegt die Zentraleinheit alles, was länger ist als 8 bit, in mehrere 8-bit-Einheiten, die nacheinander abgearbeitet werden. Also: 8-bit-Einheiten werden nacheinander abgearbeitet, innerhalb jeder Einheit wird gleichzeitig abgearbeitet. Gegenüber der Bearbeitung bit für bit nacheinander stellt das schon einen Vorzug dar. Aber man kann noch weiter gehen. Die gezeigten Rechner der Serie A arbeiten mit Einheiten des Umfanges 16 bit. Bild 60 zeigt einen Rechner der Firma Digital Equipment Corporation, der mit 32-bit-Einheiten arbeitet! Und in militärischen Anwendungen, wie Flugbahnverfolgung von Raketen, verwendet man sogar 64-bit-Rechner.

Da stellt sich doch die Frage, warum nicht gleich den

64-bit-Rechner, wenn da alles soviel schneller geht. Darauf gibt es zwei Antworten. Die erste bezieht sich, wie so üblich, aufs Geld: der VC 64 mit seinen 8-bit kostet weniger als 1000 DM, ein 64-bit-Rechner kostet 1 Million DM. Zweitens gilt es den Begriff „Geschwindigkeit" genauer zu fassen. Daß Operationen gleichzeitig ausgeführt werden, bedeutet, daß die Berechnung schneller ausgeführt wird, als wenn man die Operationen nacheinander ausführt. Es kommt aber auch darauf an, wie schnell eine Zentraleinheit eine Operation ausführt. Und das ist von Konstruktion zu Konstruktion sehr verschieden. So gibt es durchaus 16-bit-Rechner, die schneller sind als 32-bit-Rechner. Jetzt ist die Verwirrung komplett, was normal ist, denn mit Geschwindigkeit allein hat das nichts zu tun. Es ist vielmehr ein ganz anderer Gesichtspunkt, der entscheidend ist.

Es geht um die Adressierbarkeit. Arbeitet man mit einem 16-bit-Rechner, so kann man in der Zentraleinheit höchstens 65 536 verschiedene Zahlen darstellen, nämlich zwischen 0 und $1111111111111111_{dual} = 65\,535_{dezimal}$. Da die Zentraleinheit auch ihre Adressen von Speicherplätzen im Hauptspeicher in solchen 16-bit-Einheiten (man sagt auch: ein Rechnerwort, kurz Wort, ist 16-bit lang) darstellt, kann sie mit einem 16-bit-Wort lediglich 65 536 unterschiedliche Speicherplätze ansprechen. Organisiert man einen 512-Kilobyte-Hauptspeicher, wie den gezeigten, in Worten von 16-bit, so kann man darin $512 \times 1000/2 = 256\,000$ Speicherplätze mit jeweils 16-bit Umfang unterbringen (1 Byte = 8 bit = 16 bit/2). Offensichtlich ist das mehr als die Zentraleinheit ansprechen kann. Verwendet die Zentraleinheit Adressen in einem Ausschnitt des Hauptspeichers, der kleiner oder gleich 65 536 Adressen ist, macht das kein Problem. Braucht ein Programm aber einen Speicherplatz außerhalb, muß die Zentraleinheit zuvor auf einen neuen Ausschnitt im Hauptspeicher umrechnen. Vergleichbar ist das mit der Datumsanzeige einer mechanischen Armbanduhr: Auf einer verdeckten Scheibe sind alle Tage von 1 bis 31 angeordnet. Pro Tag aber sieht man nur eine Zahl, nämlich gerade die, die unter dem Fenster im Zifferblatt steht (Bild 61). Genauso wie sich das Fenster über die Scheibe mit Zahlen während eines Monats einmal bewegt, genauso muß sich die Zentraleinheit immer nur mit einem Fenster, einem Ausschnitt, aus dem gesamten Speicher begnügen.

Die Zentraleinheit kann also auf den ganzen Hauptspeicher zugreifen, muß aber gegebenenfalls erst einmal Adressen umrechnen. In der Anwendung der technischen Mehrbenutzersysteme zum Überwachen von Prozessen ist das kein Problem, da pro Programm nur auf relativ wenige Daten zugegriffen wird. Kommt



Bild 61: Die Datumsanzeige in einer Armbanduhr: Beispiel für das ausschnittsweise Betrachten des Ganzen.

das nächste Programm dran, schaltet die Zentraleinheit auf ein anderes Fenster im Hauptspeicher um.

Problematisch wird es, wenn innerhalb ein und desselben Programmes auf große Mengen von Daten ohne Unterbrechung zugegriffen werden muß. Denn da kann das Programm außer Tritt geraten, weil die Zentraleinheit mal zwischendurch noch Adressen umrechnen muß! Ein Beispiel dafür ist das Verarbeiten von Fernsehbildern. Ein Fernsehbild setzt sich aus 625 Zeilen je 833 Bildpunkten zusammen, was 520 000 Bildpunkte ergibt. Zur Verarbeitung im Rechner wird jedem Bildpunkt genau ein Speicherplatz zugeordnet. Ohne Umrechnen können aber mit einem 16-bit-Rechner nur 65 536 Speicherplätze adressiert werden. Es muß also etwa 8-mal umgerechnet werden. Zur Verarbeitung von Fernsehbildern in normaler Geschwindigkeit, die alle 1/25stel Sekunde erneuert werden, ist keine Zeit mehr für die Zentraleinheit um Adressen zu berechnen. Da braucht man einen 32-bit-Rechner, der mit 32 bit 2^{32} Adressen auf einmal ansprechen kann, was mehr als 4 Milliarden Speicherplätze bedeutet. Das ist offensichtlich mehr als genug für ein Fernsehbild.

Dieses Beispiel zeigte bereits, daß das Bewerten eines Com-

puters bezüglich Leistung und Geschwindigkeit keine einfache Sache ist. Zudem bedarf es der genauen Kenntnis der Anwendung. Man muß sich also in der Anwendung als auch in der Informatik sehr genau auskennen. Dieses hohe Maß an notwendiger Qualifikation des Benutzers ist eine Spezialität der technischen Systeme, weshalb sie für das breite Publikum auch weniger auffällig sind als z. B. Heimcomputer, die so gut wie vollständig getrennt von jeglicher anderer Elektronik oder Mechanik, die nicht zur Informatik gehört, eingesetzt werden.

Es sei noch einmal auf die Geschwindigkeit zurückgekommen, mit der der Computer Berechnungen ausführt. Wie wir gesehen haben, hat das wenig mit der Wortlänge zu tun. Um nun zwei Computer verschiedenen Typs zu vergleichen, gibt es sogenannte BENCHMARKS. Es handelt sich hier um Beispielprogramme, die einen gewissen Misch-Masch aus Operationen wie Multiplikationen, Durchlaufen von Programmschleifen (vergleiche BASIC) usw. ausführen. Man kann die Zeit stoppen, welches ein solches Programm auf verschiedenen Computern braucht und vergleichen. Aber auch vor solchen Benchmarks sei gewarnt, denn es gibt mehrere, und viele Hersteller suchen sich gerade den heraus, mit dem sie die Konkurrenz am besten heruntermachen können. Da ist es schon manchmal sinnvoller, selbst ein kurzes Programm zu schreiben und den Hersteller zu bitten, dieses Programm laufen zu lassen und verbindlich die Zeit zur Ausführung mitzuteilen. Dann kann man sehen, ob der ins Auge gefaßte Computer tatsächlich der Aufgabenstellung gewachsen ist. Das ist eine sehr seriöse Bewertung und alle bedeutenden Hersteller ermöglichen dies ihren Kunden vor der Kaufentscheidung.

5 Datenbanken

In den vorigen Kapiteln haben wir gesehen, daß man alleine schon im Hauptspeicher eine beeindruckende Menge von Daten unterbringen kann. Betrachtet man noch zusätzlich Massenspeicher wie Magnetplatten, auf denen man nochmal mehr als 100mal soviel Daten wie im Hauptspeicher halten kann, so kann man sich leicht vorstellen, daß das Verwalten solch großer Datenmengen ein ernsthaftes Problem ist. Die Daten müssen dort abgelegt werden, wo man es wünscht und sie müssen wieder auffindbar sein, und das alles auch noch schnell.

Speichert man zum Beispiel das im letzten Kapitel genannte Fernsehbild, so gibt es keine großen Probleme in bezug auf die Verwaltung dieser Information. Man speichert einen Bildpunkt nach dem anderen in aufeinanderfolgenden Speicherplätzen bis man bei 520 000 angekommen ist. In jedem Speicherplatz befindet sich dann ein Wert in Dualzahlen, der den Grauwert des Bildpunktes darstellt. Um das Bild wieder zusammenzusetzen, liest man den Speicher Speicherplatz nach Speicherplatz aus, was das Bild wieder zusammensetzt, beginnend in der linken oberen Ecke bis zum letzten Punkt rechts unten. Beim Erstellen eines Telefonbuches jedoch versagt diese Methode bereits, und das aus drei Gründen.

Erstens kann man bei der Liste der Namen der Telefonbenutzer nicht davon ausgehen, daß das ganze Alphabet gemäß seiner Ordnung lückenlos durchlaufen wird. So wird sich kaum der in der Ordnung erste Teilnehmer „Aa" nennen, nur um der Ordnung zu genügen, sondern z. b. „Abel". Und der zweite Teilnehmer heißt nicht notwendigerweise „Abem". Also entstehen in Bezug auf die alphabetische Ordnung Lücken. Da sich Telefonbücher ändern, wäre es durchaus sinnvoll, entsprechende Speicherplätze im Speicher des Rechners freizuhalten, um Platz zu haben, wenn sich doch später einmal jemand „Aa" nennt. So bequem die Methode auch erscheint, sie ist nicht anwendbar, weil damit unnötig Speicherplatz belegt wird, der vielleicht niemals später gebraucht wird. Deshalb speichert man besser in alphabetischer, wenn auch unvollständiger Ordnung ab, also „Abel" in den ersten Speicherplatz und „Abendschön" in den zweiten usw. Eine solche lineare Anordnung von Namen in alphabetischer Reihenfolge ist ein einfaches Beispiel für eine Datenbank. Eine DATEN-

BANK ist eine Menge von Daten, die gemäß einer vom Computer erkennbaren und bearbeitbaren Ordnung vorliegt.

Man könnte sich vorstellen, daß die zum Betrieb einer Datenbank notwendigen Programme bereits in dem Betriebssystem enthalten sind. Da nicht jede Anwendung eine Datenbank braucht, packt man diese Programme besser in ein getrenntes Paket und nennt das die DATENBANK-SOFTWARE.

Da Verwalten nicht einfach Abzählen bedeutet, wären wir auch schon beim zweiten Punkt: Im Gegensatz zum Fernsehbild mit seiner gleichbleibenden Anzahl von 520 000 Bildpunkten, ändert sich ein Telefonbuch laufend. Wird z. B. der Name „Abendrot“ eingefügt, so müssen ab „Abendschön“ alle folgenden Namen im Speicher um genau einen Platz weitergeschoben werden. Der Datenbanksoftware wird mitgeteilt (eintippen am Terminal), daß ein Name eingefügt werden soll, sie muß den richtigen Platz in der alphabetischen Reihenfolge finden und alles im Speicher dahinter weiterschieben, damit in die Lücke das Einfügen vollzogen werden kann. Dabei kann es passieren, daß beim Weiterschieben keine weiteren Speicherplätze im Hauptspeicher vorhanden sind. Dazu lagert die Datenbanksoftware automatisch Teile der Datenbank auf Massenspeicher aus. Das alles wird genau vermerkt, damit die Daten, die sich dann verstreut im Hauptspeicher und Massenspeicher befinden, in Bezug auf die Datenbank als Ganzes wieder gefunden werden können. Die Datenbanksoftware legt dazu Listen an, was wo zu finden ist. Damit wären wir beim dritten Punkt, dem selbständigen Erstellen eines Inhaltsverzeichnisses.

Eine Datenbanksoftware tut genau dasgleiche, als ob man von Hand eine Vielzahl von Akten zu verwalten hat. Da ist viel Kleinarbeit zu leisten und die ganze Arbeit muß so organisiert sein, daß nicht unnötig Zeit mit Suchen vergeudet wird. Das Problem ist also schon älter als Computer, und deshalb sind die Prinzipien zur Verwaltung einer solchen Datenbank bereits lange vorher in der Mathematik untersucht worden. Der Einsatz von Rechnern jedoch erlaubt eine Organisation bis ins kleinste Detail, was bei Handarbeit aus Zeitgründen nicht immer gemacht werden kann. Diese Prinzipien werden im nächsten Kapitel beschrieben.

Die Datenbanksoftware wird als Programmpaket von dem Hersteller des Computers oder Firmen, die Software produzieren (sogenannte Softwarehäuser) angeboten. Wenngleich sie nach einem oder mehreren der folgenden Prinzipien aufgebaut ist, sind diese Programmpakete im allgemeinen nicht zwischen Rechnern verschiedener Hersteller austauschbar. Im Gegensatz zu den Programmiersprachen wie z. B. BASIC, das eine Norm darstellt, gibt

es noch keine vergleichbare Norm für Datenbanksoftware. Mit der jetzt erst beginnenden massenhaften Verbreitung von kleinen Systemen (Personal Computer) ist jedoch zu erwarten, daß man auch da alsbald zu einer Norm kommt.

5.1 Dateien

Das Wort DATEI ist ein Kunstwort und setzt sich aus „Daten" und „Kartei" zusammen (engl. file). Die Dateien bilden die Elemente einer Datenbank. Sind zum Beispiel in einer Datenbank ein Telefonverzeichnis, die Zeiten des Sonnenauf- und Untergangs sowie Buchtitel untergebracht, so spricht man von 3 verschiedenen Dateien. Eine DATEI ist eine sinnverwandt zusammenhängende Menge von Daten. Was dabei als sinnverwandte Daten angesehen wird oder nicht, bestimmt nicht der Rechner sondern der Benutzer (Telefonnummern zu Telefonnummern, Zeiten zu Zeiten und Titel zu Titel). Diese Verwandtschaft von Daten verlangt je nach dem unterschiedliche Organisation der Datei. Dazu hat man insgesamt 4 unterschiedliche Typen von Dateien.

1. Die SEQUENTIELLE DATEI: Beispiel dafür ist etwa eine Verkehrskontrolle der Polizei. Dabei werden die Kennzeichen der Fahrzeuge überprüft und zwar eines nach dem anderen. Notiert man das auf, so kommt man zu einer Darstellung gemäß Bild 62. Insgesamt stellt die Liste eine Datei dar und die einzelnen Elemente, wobei jedes in diesem Fall einem Fahrzeug entspricht, nennt man DATENSÄTZE. Das Prinzip der sequentiellen Datei ist einfach: Der zuletzt ankommende Datensatz wird am Ende der Datei angefügt. Damit ist das Einschreiben in eine sequentielle Datei sehr einfach und endet spätestens dann, wenn das Papier bzw. der Speicher voll ist. Hingegen braucht das Auslesen schon einigen Aufwand an Zeit, denn um einen bestimmten Datensatz zu finden, muß man Datensatz für Datensatz absuchen. Das geschieht mittels eines Positionszeigers, der wie ein Finger von einem Datensatz zum nächsten und zum nächsten usw. bewegt wird. Fängt man mit der Suche vorne an, so ist im besten Falle sofort der erste Datensatz der gesuchte, im schlechtesten Fall allerdings der letzte, wofür man die ganze Datei abzusuchen hat. Im statistischen Mittel muß man also die halbe Datei absuchen. Das ist in Bezug auf schnellen Zugriff sicherlich eine Einschränkung, aber je nach Umfang der Datei eine anwendbare Methode.

2. Die DIREKTE DATEI: Sie läßt sich zum Beispiel dafür verwenden, die Figuren auf einem Schachbrett zu beschreiben. Ge-

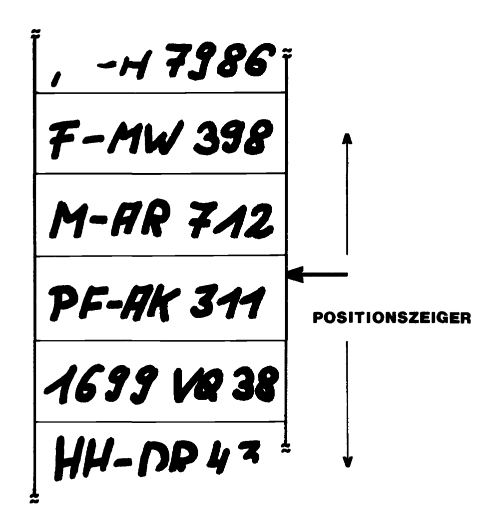


Bild 62: Beispiel zu einer sequentiellen Datei.

genüber dem vorigen Beispiel kennt man im Voraus die Anzahl der Datensätze, nämlich 64 für die 64 Felder auf dem Brett. Da auf jedem Feld immer nur entweder genau eine Figur steht oder keine (aber eben nie 2), kann man das Spiel mit Formeln wie Tb5 usw. beschreiben, was für Turm auf Feld b5 steht. In der Sprache der Dateien nennt man die beiden Skalen a, b, . . ., h und 1, 2 . . ., 8 (8 × 8 Felder auf dem Brett) einen INDEX. Durch die Angabe b5 ist eindeutig ein Feld festgelegt und zwar das Feld mit dem Index b5.

Gegenüber der Sequentiellen Datei treiben wir durch Hinzufügen eines Indexes in der Direkten Datei mehr Aufwand, haben aber den Vorteil, daß durch die Angabe des Index „b5" *ohne* Absuchen der gesamten Datei aus 64 Datensätzen sofort die Information „T" für Turm gefunden wird.

Die Menge der Indizes wird für den Computer vor Bearbeitung der Datei festgelegt. Für das Schachbrett ist die Menge der Indizes gegeben durch a1, a2, . . . a8, b1, b2 . . . ., . . ., h7, h8. Im Gegensatz ist ein späteres Hinzufügen weiterer Datensätze nicht möglich: es kann nur ersetzt werden. Wenn ein Bauer den Turm auf b5 schlägt, so ändert sich lediglich der Inhalt des Datensatzes mit dem Index b5: T wird durch B ersetzt. Für Felder, auf denen keine Figuren stehen, schreibt man einfach die Null in den Datensatz, also 0b2, 0h7 usw. Insgesamt kann also der Spielstand durch eine Direkte Datei mit 64 Datensätzen in der Form Bb5, Ta3, Kc4 usw. beschrieben und in einem Computer dargestellt werden. Durch

Ändern des Inhalts der 64 Datensätze kann der Spielverlauf beschrieben werden.

3. Die RANDOM-DATEI: Die Random-Datei leitet sich von der direkten ab. Allerdings verwendet man keine Indizes, sondern NAMEN, Namen wie auch im alltäglichen Leben. Beispiel dafür ist etwa die Menge der Personen in einer Straßenbahn. Wenngleich sich dort die Personen nicht in einer schematisch erfaßbaren Reihenfolge aufhalten (manche sitzen, manche stehen, andere laufen hin und her, irgendwo sitzt auch mal ein Hund usw.), so zeigt doch der Aufruf „Hofmann Schwarzfahrer" bei einer bestimmten Person Wirkung, in der Sprache der Informatik ausgedrückt: das Element ist adressierbar. Der Datensatz „Hofmann" kann z. B. aus der Nummer des Personalausweises, dem Geburtstag usw. bestehen. Das Prinzip der Random-Datei ist es, jedem Datensatz einen Namen zuzuordnen, unter dem er eindeutig zu finden ist. Im Gegensatz zur Direkten Datei braucht die Anzahl der verwendeten Namen nicht wie die Indizes vorher festgelegt werden. Die Random-Datei kann also während ihres Betriebs wachsen oder schrumpfen.

4. Die SCHLÜSSELSEQUENTIELLE DATEI: Bringt man die Prinzipien der Sequentiellen und der Random-Datei unter einen Hut, so bekommt man die Schlüsselsequentielle Datei. Die Datensätze liegen zwar wie in der Random-Datei ungeordnet vor, aber die zugehörigen Namen unterliegen einer Ordnung. Im Beispiel mit der Straßenbahn können wir auch eine Ordnung herauslesen: die alphabetische Ordnung der Namen der Fahrgäste. Wesentlich ist, daß sich diese Ordnung auf die *Namen* der Datensätze und nicht auf diese selbst bezieht. Selbst wenn „Hofmann" ganz vorne hinter dem Straßenbahnfahrer steht, und der „Abendschön" ganz hinten auf der Plattform, so steht dennoch „Abendschön" in der Ordnung der Schlüsselsequentiellen Datei vor „Hofmann".

Damit haben wir die 4 Prinzipien der Dateiorganisation kennengelernt. Die Methode der Notation beim Schachspiel zeigt bereits, daß Überlegungen in diese Richtung wohl schon älter sein müssen. Auf die Umsetzung dieser Prinzipien auf die mechanische Konstruktion unterschiedlicher Rechnertypen sei hier nicht eingegangen, weil sowieso nicht für den Benutzer zugänglich. Würde man hier alles selbst programmieren wollen, könnte man aufgrund der großen Datenbanksoftware sich gleich einmal ein paar Jahre nur für das Erstellen des Programmes freinehmen. Wichtig ist

jedoch zu wissen, auf welchen Prinzipien eine Datenbank aufgebaut ist, damit die Organisation außerhalb des Rechners, also die der Benutzer, an die des Rechners angepaßt wird. Der schnelle Zugriff auf Informationen als auch das papierfreie Arbeiten rechtfertigt den, je nach Anwendung, mehr oder weniger großen organisatorischen Aufwand zwecks Anpassung.

5.2 Verbunde und Bäume: der Computer erkennt logische Zusammenhänge

Bei der Organisation von Daten in Dateien waren die Beziehungen zwischen den Daten allein durch eine gewisse Ordnung oder Struktur der Datei gegeben. Etwa in der Sequentiellen Datei besteht die Beziehung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Datensätzen darin, daß der eine Nachfolger des anderen ist, weil er hinter dem Vorgänger angeordnet ist. Diese Beziehung ergibt sich von selbst durch das Einschreiben von Datensätzen in die Datei. Entsprechendes gilt auch für die anderen Dateitypen, so daß man insgesamt feststellen kann, daß jegliche Beziehungen zwischen den Datensätzen durch die dem Dateityp eigene Struktur bestimmt sind. Das ist aber nicht immer ausreichend.

Zu diesem Zweck betrachten wir einmal die Personalkartei eines Unternehmens (und davon ein Ausschnitt in Bild 63). Aufgeführt sind Familienname*, Vorname, Alter und Verwandtschaftsbeziehung. Baut man damit eine Datei auf, etwa eine schlüsselsequentielle, so kann selbst diese komplizierteste Form der Datei nicht die Information darstellen, daß „Weimer" die verheiratete Tochter von „Hagedorn Alfred" und „Maria" ist. Da Unternehmen gewöhnlich darauf achten, daß in einzelnen Abteilungen kein Familienbetrieb entsteht, sind solche Informationen für Karriereplanung wichtig. Versieht man nun die einzelnen Datensätze mit logischen Verbindungen untereinander, so nennt man sie VERBUNDE und die Beziehungen REFERENZEN. Somit hat also der Verbund „Hagedorn Alfred" eine Referenz vom Verbund „Weimer Gitta". Die Referenz stellt die Eltern-Kind-Beziehung dar. Da zum Vater auch immer eine Mutter gehört, haben wir hier auch die Referenz von „Weimer Gitta" zu „Hagedorn Maria". Das ist in Bild 64 durch entsprechende Pfeile ausgedrückt. Die Pfeile stellen die Referenzen dar.

Selbstverständlich kann der Computer nicht durch die Definition einer Struktur wie die einer Datei bereits wissen, daß Alfred

* Die in diesem Kapitel gewählten Namen von Personen sind rein zufällig.

FAMILIENNAME	VORNAME	ALTER	VATER	MUTTER
HAGEDORN	ALFRED	58		
HAGEDORN	MARIA	55		
WEIMER	GITTA	36		
WEIMER	GÜNTER	17		

Bild 63: Personalkartei, dargestellt mittels Verbunden.

und Maria eine Tochter Gitta haben! Diese Information muß der Maschine übermittelt werden. Dafür gibt es in den Programmiersprachen oder der Datenbanksoftware Befehle, um solche Referenzen aufzubauen. Für das genannte Beispiel sieht das so aus:

Elternteil OF Weimer Gitta: = Hagedorn Alfred
Elternteil OF Weimer Gitta: = Hagedorn Maria

Man kann sich leicht vorstellen, zu welch komplizierten Verknüpfungsnetzen man mit solchen Verbunden und Referenzen gelangen kann. Wie schon gesagt ist der wesentliche Vorteil gegenüber den Dateien der, daß sich diese Referenzen auf den Bedeutungsinhalt der Objekte, also der Verbunde, beziehen.

Gibt es noch einen „Weimer Günther“ (Bild 64) in derselben Firma und ist er der Sohn von „Weimer Gitta“, was durch

Elternteil OF Weimer Günther: = Weimer Gitta

dem Computer mitgeteilt wird, so kann der Computer folgende „Denkleistung“ vollbringen: Mittels Durchlaufen der Referenzen

Weimer Günther → Weimer Gitta → Hagedorn Alfred

stellt der Computer fest, daß zwischen „Hagedorn Alfred“ und „Weimer Günther“ eine zweistufige Elternbeziehung besteht, eine Information, die dem Computer nicht eingegeben wurde!!!

Wie immer man auch Intelligenz definiert (wir kommen darauf später zurück) oder verstehen mag, an diesem Beispiel sieht

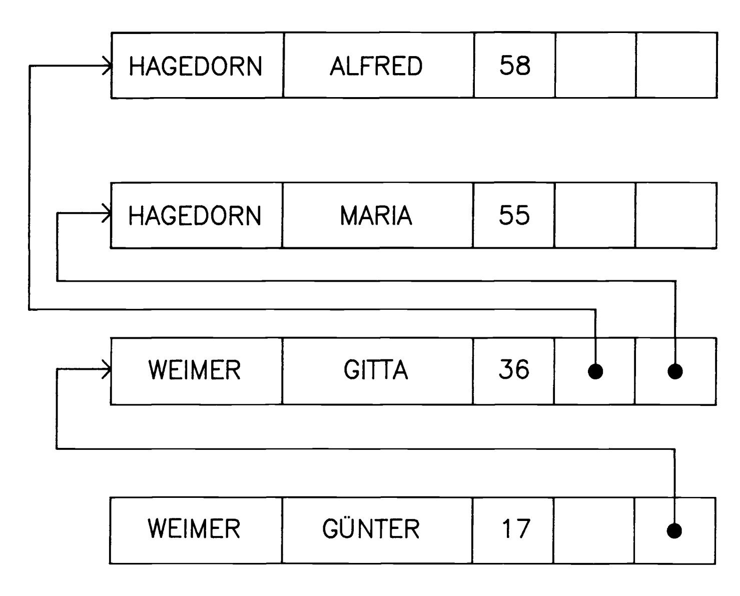


Bild 64: Referenzen zwischen Verbunden.

man bereits, welche enormen Möglichkeiten sich mit solchen Strukturen im Bereich maschineller Intelligenz auftun.

Mit Verbunden und Referenzen kann man also auf den Sinninhalt der Verbunde eingehen und sinnbezogene Zusammenhänge aufbauen. Das Bilden von Referenzen von Referenzen von Referenzen usw. ist aber auch eine Methode um große Datenmengen so zu organisieren, daß man die einzelnen Verbunde wieder schnell finden kann. Bleiben wir bei dem Beispiel des Unternehmens mit seiner Personalkartei. Teilt man wie üblich die Belegschaft in verschiedene Abteilungen, Unterabteilungen und Arbeitsgruppen auf, so riecht das schon nach Referenzen und Verbunden. Zum Zwecke der Verarbeitung in einem Rechner legt man einen Verbund „Unternehmen“ fest, mehrere Verbunde „Abteilung“, mehrere „Unterabteilung“, mehrere „Arbeitsgruppe“ und „Angestellter“, letztere wie schon gezeigt bei „Hagedorn Maria“. Man kommt zu einem BAUM wie in Bild 65, wo der Einfachheit halber nicht alle Äste fertig gezeichnet sind. Diese Baumstruktur bietet neben den Informationen, gegeben durch Referenzen (in welcher Arbeitsgruppe, Unterabteilung, Abteilung befindet sich ein Angestellter?) auch noch Vorteile in Bezug auf schnelles Auffinden von Verbunden, die an den Astspitzen sitzen (hier sind es die Verbunde „Angestellter“): Um die Daten von „Hagedorn Alfred“ zu finden, beginnt man die Suche an der Wurzel des

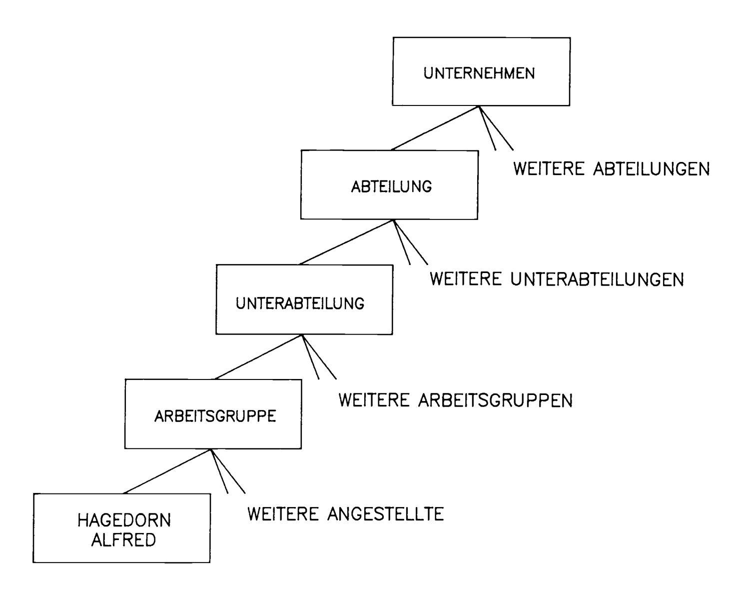


Bild 65: Organisation von Verbunden in einem Baum.

Baumes und tastet sich über „Abteilung", „Unterabteilung" und „Arbeitsgruppe" durch. Angenommen in der Arbeitsgruppe befinden sich 4 Personen, so hat man schlechtestenfalls 3 + 4 = 7 Suchschritte, wenn man an der Wurzel des Baumes startet.

Würde man hingegen Namen absuchen, so müßte man in der gesamten Belegschaft suchen, was entsprechend länger dauert, denn um den Namen „Hagedorn Alfred" in einer uneingeschränkten Menge von Namen zu identifizieren, muß Buchstabe für Buchstabe eindeutig erkannt werden. Nur auf „Hagedorn A" abzuprüfen, reicht nicht. Um auf „Hagedorn Alfred" abzuprüfen, braucht man also entsprechend der 14 Buchstaben auch 14 Suchschritte, was schon deutlich mehr ist als beim Durchlaufen des Baumes.

Die hier beschriebenen Strukturen bieten durch die Beziehung zu den Sinninhalten die Möglichkeit, an unterschiedlichste Aufgabenstellungen, wo große Mengen von Daten verwaltet werden müssen, angepaßt zu werden. Betrachtet man nochmal den Baum in Bild 65 und denkt sich anstelle „Unternehmen" den „Startflughafen" und anstelle „Angestellter" den „Zielflughafen", dann hat man das, was man ein computergestütztes Flugbuchungssystem nennt. Damit hat man ein System, was dem Bodenpersonal als auch dem Fluggast das Leben leichter macht. Die Befürchtung, daß eines Tages auch noch ein Roboter das Flugbegleitpersonal ersetzt, ist jedoch kaum zu bestätigen (kein

Roboter wäre so dämlich, sich in einen Economy-Class-Sitz der Air France zwischen Frankfurt und Lyon zu zwängen!).

Erinnern wir uns: Datenbanken braucht man dann, wenn man große Mengen von Daten zu verwalten hat. In diesem Kapitel haben wir, ohne es zu erwähnen, unterstellt, daß diese Daten alle in einem Computer gespeichert sind oder werden. Am Flugbuchungssystem erkennt man schon, daß man auch Daten von anderen Rechnern heranholen muß und dabei auch über große Entfernungen (Flughafen Frankfurt – Kennedy Airport New York). Auf dieses interessante Thema der Kommunikation in verschiedensten Bereichen gehen wir im nächsten Kapitel ein.

6 Kommunikation

In der einfachsten Konfiguration besteht ein Computersystem aus der Zentraleinheit, dem Hauptspeicher, einem Massenspeicher, einem Terminal und einem Drucker. Am Terminal gibt man Daten ein und gedruckte Ergebnisse holt man am Drucker ab. Diesen Ausdruck kann man dann dorthin tragen, wo man die Ergebnisdaten braucht. Somit läßt sich das ganze Computersystem in einem Zimmer unterbringen.

Werden die Ergebnisse an einem entfernten Platz gebraucht und will man kein Papier schleppen, kann man selbstverständlich ein Terminal mit einem langen Kabel mit dem Computer verbinden. Das ist besonders dann interessant, wenn in einem Gebäude mehrere Personen mit ein und demselben Computer arbeiten, sich aber nicht in seiner unmittelbaren Nähe aufhalten. Durch die Verwendung mehrerer Terminals erspart man sich den Ausdruck auf Papier und den Transport zu den einzelnen Benutzern. Wir bezeichnen die Verbindung zwischen dem Terminal und dem Computer als einen KOMMUNIKATIONSKANAL, wobei es unerheblich ist, ob die überbrückte Entfernung nur einige Meter oder mehrere Kilometer sind. Wichtig ist nur, daß Informationen transportiert werden, was bei der Verbindung Computer-Terminal wie üblich mittels elektrischer Signale bewerkstelligt wird.

Es gibt aber auch noch andere Notwendigkeiten für einen Kommunikationskanal. In technischen Anwendungen ist es oft üblich, Meßinstrumente und Rechner räumlich zu trennen. Das kann schon deshalb notwendig sein, weil Computer einigermaßen empfindlich gegen Erschütterungen sind, und Massenspeicher, wie Magnetplatten, strikt gegen Staub zu schützen sind. Um nun die Daten von den Meßinstrumenten zu dem entfernten Computer zu transportieren, braucht man wieder einen Kommunikationskanal, der als mehradriges Kupferkabel, Glasfaserkabel oder mittels Sender und Empfänger für elektromagnetische Wellen verwirklicht sein kann.

Wir haben also gesehen, wie mittels Kommunikationskanälen einerseits der Mensch, unter Zuhilfenahme eines Terminals, oder ein Prozeß, unter Zuhilfenahme von Meßinstrumenten, mit dem Computer kommunizieren kann. Jetzt liegt es nahe, auch noch die letzte Kommunikationslücke zu schließen, nämlich die

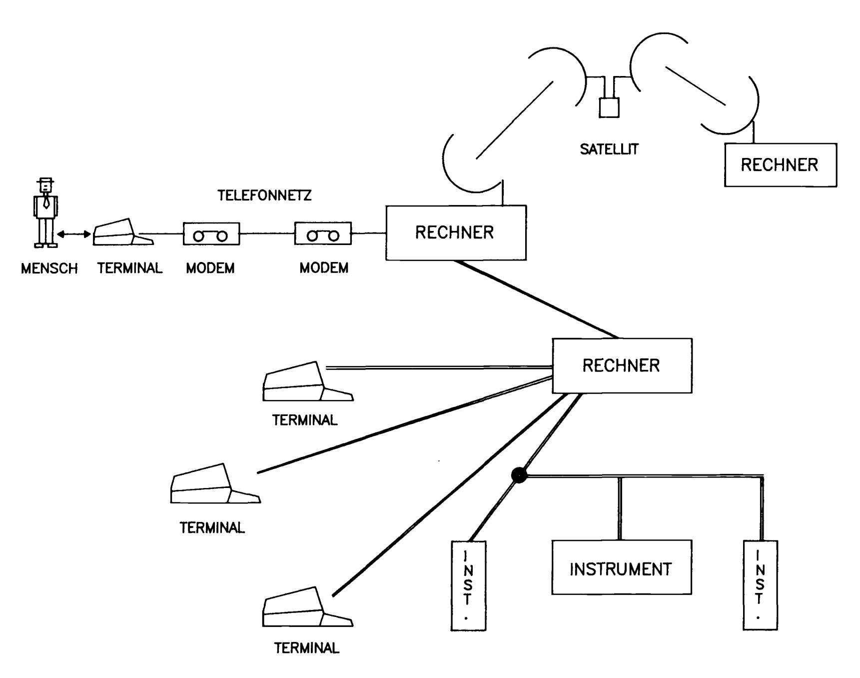


Bild 66: Kommunikation zwischen technischen Einheiten und dem Benutzer.

Kommunikation zwischen Computern zu ermöglichen. Insgesamt findet man also innerhalb und zwischen Computern die in Bild 66 aufgeführten Kommunikationskanäle, wobei jeder davon auch mehrfach vorkommen kann.

Während die Kommunikation Terminal-Rechner ein rein technisches Problem ist und der Benutzer sich lediglich um den Erwerb passenden Materials zu kümmern sowie das Kabel richtig aufzustecken braucht, ergeben sich jedoch für den Benutzer im Bereich der Kommunikation Rechner-Instrument als auch Rechner-Rechner Gesichtspunkte, die sowohl technisch als auch wirtschaftlich von Bedeutung sind.

6.1 Kommunikation Rechner-Instrument

Die technologischen Fortschritte in der Konstruktion von Computern machen es möglich, in diesem Buch die Prinzipien der Kommunikation Rechner-Instrument bereits vollständig an einem modernen programmierbaren Taschenrechner aufzeigen zu kön-



Bild 67: Taschenrechner mit Interface-Loop zum Datenaustausch zu Meßinstrumenten und anderen Peripheriegeräten.

nen. Dieser Taschenrechner, der HP 41, hat außer der Größe nicht viel mit dem bereits beschriebenen einfacheren Modell aus einem der vorherigen Kapitel zu tun. Man kann ihn programmieren ähnlich wie einen VC 64, weshalb man ihn auch einen programmierbaren Taschenrechner nennt. Wichtig ist, daß er die Möglichkeit bietet, weitere Geräte anzuschließen: Digitalcassettenlaufwerk, Drucker, großen Schwarz/Weiß-Bildschirm und Meßinstrumente. Insbesondere die Verbindung zu Meßinstrumenten ist interessant, weil damit der Taschenrechner mehrere Meßinstrumente überwachen und mit diesen Daten austauschen kann. Schaut man sich den Rechner an (Bild 67), so erkennt man am Kopfende ein Einsteckmodul, von dem aus zwei Kabel zu dem danebenstehenden Digitalvoltmeter führen. Man sieht auch, daß der vom Meßinstrument erfaßte und angezeigte Meßwert von 29.75° C bereits als Datum in den Rechner übertragen wurde und auf der Anzeige erscheint. Der hier verwendete Kommunikationskanal Rechner-Instrument heißt HP-IL (Hewlett-Packard Interface Loop).

Wie funktioniert nun eine Kommunikation Rechner-Instrument? Prinzipiell gibt es dabei zwei Verfahren, nämlich die SYNCHRONE und die ASYNCHRONE Kommunikation:

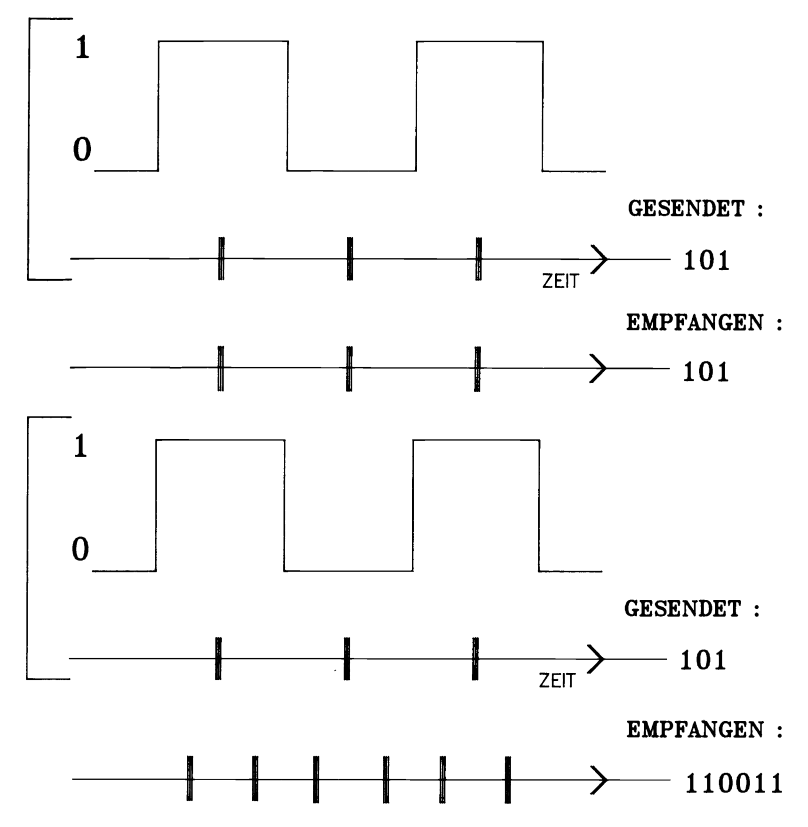


Bild 68: Digitale Datenübertragung durch Codieren mit zwei Zuständen und Synchronisierung.

Aufgrund der Störsicherheit überträgt man die Daten ausschließlich in digitaler Form, wie das schon in den Anfangskapiteln begründet wurde. Das Meßinstrument gibt also auf die Leitung eine Folge von zwei unterschiedlichen Spannungspegeln, die dann im Rechner nacheinander aufgesammelt werden, gespeichert und daraus wieder die übertragene Zahl in Dualdarstellung zusammengesetzt wird. Um eine duale 1 zu übertragen, liegt auf der Leitung z. B. für eine kurze Zeitspanne eine Spannung von 5 Volt an. Um die duale 101 zu übertragen, sendet das Meßinstrument eine Folge gemäß Bild 68. Um auch diese Zahl richtig zu verstehen, muß der Rechner sie mit der gleichen Geschwindigkeit aufnehmen, man sagt, der Rechner muß mit dem Instrument SYNCHRON laufen, weshalb man diese Kommunikation eine synchrone nennt. Es sei dazu Bild 68 betrachtet. Arbeitet der

Rechner mit einer Abtastgeschwindigkeit A, die der Sendegeschwindigkeit des Meßinstrumentes entspricht, so versteht er richtigerweise 101 (Bild 68 oben). Arbeitet der Rechner mit der Abtastgeschwindigkeit B, die größer als die Sendegeschwindigkeit der Meßinstrumente ist, so versteht er, wie im Bild gezeigt, fälschlicherweise 110011 (Bild 68 unten). Was man braucht, sind also zwei Uhren, eine im Rechner und eine im Meßinstrument, die vollständig gleich laufen, also synchron. Das aber gibt es nicht, denn zwei noch so präzise Uhren werden nach einiger Zeit voneinander abweichen, selbst wenn es auch nur um tausendstel Sekunden geht. Und solche kleinen Abweichungen führen bei hohen Datenübertragungsraten, bei denen in einer Sekunde mehr als eine Million mal zwischen 1 und 0 gesprungen, d. h. 1 Megabit pro Sekunde übertragen wird, zu unzulässigen Mißverständnissen.

Man löst dieses Problem dadurch, daß man zwar zwei Uhren, eine im Rechner, eine im Instrument, beläßt, aber die Uhr in einem der beiden durch die andere synchronisiert, d. h. immer wieder aufs neue auf die mit der ersten Uhr gleiche Zeit setzt. Das geschieht mit einer weiteren Leitung, die in regelmäßigen Abständen Impulse an die zweite Uhr sendet und diese somit nachstellt. Damit kann man die Abweichung in genau erfaßbaren Grenzen halten, denn je öfter man Impulse sendet, je öfter wird die zweite Uhr nachgestellt und umso geringer ist die Abweichung. Damit laufen also beide Uhren mit einer gewissen Präzision im Gleichschritt, womit also die im oberen Teil von Bild 68 gezeigten Signale eindeutig verstanden werden können. Eine solche Kommunikation nennt man eine synchrone.

Wenngleich die hier verwendeten Uhren elektronische sind, die Frequenzen von einigen Millionen Schwingungen pro Sekunde „ticken", so ist das Prinzip jedoch das gleiche wie bei mechanischen Uhren. Die in Bild 69 gezeigte Uhr hat als zeitgebende Unruhe ein Drehpendel, das durch seine mechanische Konstruktion die Ganggeschwindigkeit bestimmt. Dennoch bestimmt nicht dieses Pendel allein die Geschwindigkeit der Uhr, sondern eine eingebaute Quarzuhr, die in regelmäßigen Abständen elektrische Impulse auf einen Magneten gibt, der das Pendel anzieht und abstößt und ihm damit seine Ganggeschwindigkeit aufzwingt. In unserem Beispiel entspricht das Pendel der synchronisierten Uhr und die eingebaute Quarzuhr der synchronisierenden.

Man kann sich nun fragen, warum denn zwei Uhren, eine im Rechner und eine im Meßinstrument, wenn es doch eine auch täte und man ganz einfach die Impulse in das zweite Gerät in dauernder Folge hinübersenden würde? In der Theorie geht das, aber nicht in der Anwendung. Am Beispiel der Pendeluhr sieht



Bild 69: Pendeluhr mit Synchronisierung durch Quarzwerk (Quarzwerk an der geöffneten Rückseite erkennbar).

man das sofort: Nimmt man dem Quarzwerk die Batterie heraus, bleibt die Uhr nicht stehen, weil das Pendel noch einige Minuten weiterschwingt. Zwar wird die Ganggeschwindigkeit jetzt vom Pendel allein bestimmt, aber das braucht seine Zeit, bis sich der Unterschied bemerkbar macht. Für die Kommunikation Rechner-Instrument bedeutet das, daß die Impulse zur Synchronisierung für kurze Zeit auch mal ausbleiben oder gestört sein können, ohne daß der Empfänger das Ergebnis wegen falscher Abtastfrequenz falsch versteht. Störungen aber gehören auf langen Übertragungswegen immer dazu.

Fassen wir also zusammen: Bei der synchronen Übertragung arbeitet man mit zwei Uhren, wovon die erste die zweite in

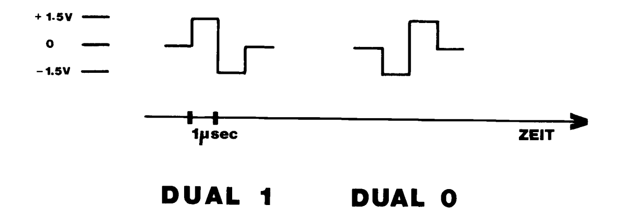


Bild 70: Codierung beim Interface-Loop zur asynchronen Datenübertragung.

regelmäßigen Abständen nachstellt. Selbst kurzfristige Störungen bei der Übertragung des Signals zum Nachstellen werden durch die frei weiterlaufende zweite Uhr überbrückt.

Neben dem besprochenen synchronen Verfahren, das eine spezielle Leitung für das Übertragen der Synchronisierimpulse braucht, gibt es noch das ASYNCHRONE, das z. B. beim HP-IL angewendet wird. Beim HP-IL geht nur eine einzige Leitung aus dem Rechner heraus, zu dem Instrument und wieder nur eine zurück zum Rechner. Die zweite Leitung für Synchronisierimpulse gibt es gar nicht. Auf dieser einen Leitung werden die Daten gemäß Bild 70 mittels dreier Spannungspegel codiert: +1,5 Volt, 0 Volt und −1,5 Volt. Man verwendet solch geringe Spannungen, weil es sich ja schließlich um batteriebetriebene Geräte handelt. Sendet ein Instrument Daten an den Rechner, so bringt es vor den Daten ein Startzeichen auf die Leitung. Damit wird dem Rechner mitgeteilt, daß ein Block von Daten folgt. Die Länge eines Blocks ist auf elf Zeichen festgelegt. Durch das Codieren mit 3 verschiedenen Spannungspegeln kann das empfangende Gerät eindeutig die duale 1 und die duale 0 erkennen, woraus alle Informationen zusammengesetzt sind (vergleiche Bild 70). Um die empfangene Information zu verstehen, braucht das Gerät keinen Bezug zu einer Uhr herzustellen. Es gibt kein Synchronsignal! Es ist unerheblich, ob die Daten schnell oder langsam übertragen werden, beim Empfänger ändert das nichts an deren Bedeutung. Deshalb nennt man das Verfahren asynchron. Gegenüber dem synchronen Verfahren ist als einziger Nachteil die umständlichere Codierung der Signale zu sehen, was zu Lasten der Übertragungsgeschwindigkeit geht.

Neben dem HP-IL, das den letzten Schrei auf dem Gebiet der Kommunikation Rechner-Instrument darstellt, gibt es bereits ein aufwendigeres System seit Mitte der siebziger Jahre, das heute de facto Weltnorm geworden ist: IEEE 488. IEEE steht für „Institut of Electrical and Electronics Engineers“ und ist ein Verein, der sich um Normen bekümmert, wie sie z. B. in der Bundesrepublik

Deutschland als DIN (Deutsche Industrienorm) bekannt sind. In den siebziger Jahren entstand die Notwendigkeit, immer kompliziertere Meßinstrumente zusammenzuschalten und von Rechnern aus überwachen zu lassen (Militärelektronik, Kernphysik usw.). Damit aber braucht man eine Norm, sonst passen die Meßinstrumente nicht an die Computer, was durchaus an der Tagesordnung war, denn mit nur wenigen Ausnahmen waren die Hersteller von Meßinstrumenten von denen für Rechner verschieden.

Bei dem IEEE 488 handelt es sich um asynchrone Kommunikation, wobei allerdings nicht wie beim HP-IL bit für bit übertragen wird, sondern gleichzeitig 8 bit (gleich 1 Byte!) auf 8 parallelen Leitungen. Die Kabel erlauben eine Übertragungsgeschwindigkeit von bis zu 1 Million Bytes pro Sekunde. Der Zusatz „bis zu" ist natürlich notwendig, weil die Geschwindigkeit ja in einem asynchronen System zwar durch technische Gegebenheiten nach oben beschränkt ist, aber nicht notwendigerweise konstant ist.

Auf einem Kommunikationskanal können beim IEEE 488 bis zu 14 Instrumente an einen Computer angeschlossen werden. Der Computer überwacht dabei die Kommunikation, auf daß es bei den 14 Instrumenten, die sich den Kanal teilen, nicht zu Durcheinander kommt. Dafür gibt es zusätzliche Adreßleitungen, die jeweils nur eines der 14 Instrumente als sende- bzw. empfangsbereit erklären. Da sich die Daten für alle 14 Instrumente denselben Kanal teilen, nennt man ihn richtigerweise einen DATENBUS, kurz BUS. Man verwendet den Begriff „Bus" in Anlehnung an „Autobus", in dem viele verschiedene Personen (Daten) gemeinsam transportiert werden, jedoch mit unterschiedlichen Zieladressen (Haltestellen zum Aussteigen) und unterschiedlichen Absendern (Haltestellen zum Einsteigen). Die Stecker für den IEEE 488 sind derart genormt, daß man auf ihre Rückseite den Stecker für das Kabel zum jeweils nächsten Gerät aufstecken kann (Bild 71). Die Geräte hängen also „hintereinander" wie die Waggons eines Zuges.

Um Übertragungsfehler zu vermeiden, schickt man den Daten noch ein paar bits hinterher, die beim Empfänger zum Erkennen dienen, ob ein Übertragungsfehler vorliegt. Im Prinzip handelt es sich dabei um ein Verfahren, was schon von der Schule her als 9er Probe bekannt ist, allerdings auf Dualzahlen angepaßt und komplizierter, denn bei der 9er Probe gehen bekanntlich noch viele Fehler durch die Lappen. Der Empfänger vergleicht das empfangene Ergebnis mit dem zusätzlichen, fehlerkorrigierenden Signal. Wenn diese „9er Probe" stimmt, nimmt das Gerät die Daten an, andernfalls wird eine weitere Übertragung vom Sender gefordert. Mit diesen FEHLERPRÜFUNGEN (engl. error check), kann man

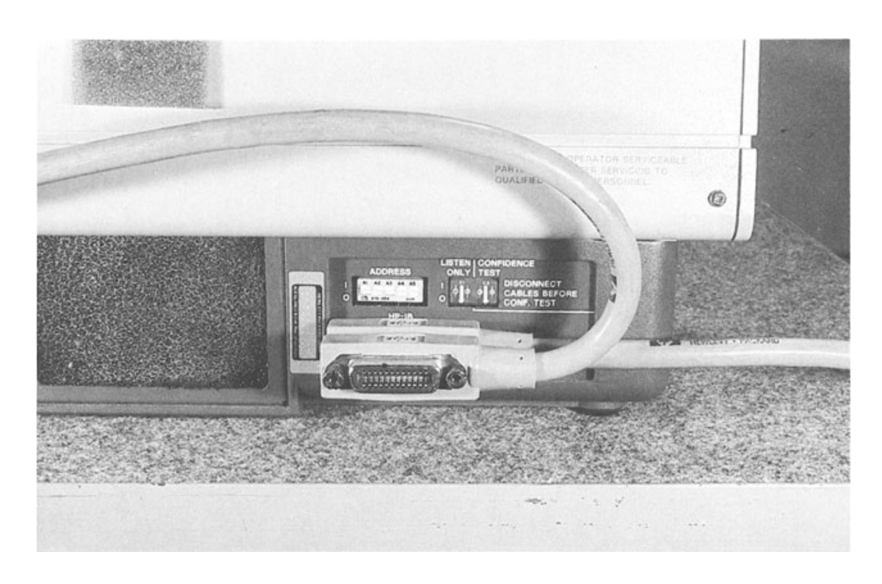


Bild 71: IEEE 488 Datenbus: rechts das Kabel vom Rechner kommend, links weitergeführt zum nächsten Peripheriegerät (insgesamt bis zu 14).

statistisch Fehlübertragungen mit einer berechenbaren Wahrscheinlichkeit ausschließen. Damit taugt der IEEE 488 für technische Anwendungen, wo man sich Fehler nicht leisten kann (im Gegensatz zur Textverarbeitung, wo man auch ohne schwerwiegende Folgen „Textverurbeitung“ schreiben kann).

Beim HP-IL kann man bis zu 30 Geräte an denselben Rechner anschließen und diese Geräte auch einzeln mittels Adressen ansprechen. Die Beschaltung allerdings ist vom IEEE 488 insofern verschieden, als beim HP-IL die Geräte in einer Ringschleife zusammengeschaltet sind. Um das adressierte Gerät zu erreichen, durchlaufen die Daten alle davorgeschalteten Geräte. Die davorgeschalteten Geräte lesen die Adresse und wenn es nicht die ihre ist, werden die Daten, ohne gelesen zu werden, an das nächste Gerät in der Schleife weitergeschickt (Bild 72). Erreichen die Daten das Gerät mit der gewünschten Adresse, so liest das Gerät die Daten. Jetzt könnte man eigentlich aufhören, da der Empfänger erreicht ist. Da wir aber beim HP-IL nur eine einzige Leitung haben und diese nicht auch noch mit bits zur Fehlerkorrektur vollstopfen wollen, verfährt man genial einfach. Der Empfänger schickt, nachdem er die Daten gelesen hat, diese an das nächste Gerät in der Schleife weiter. Je nachdem, wieviel Geräte in der Schleife hängen, nach spätestens 30 Geräten kommen die Daten in den Sender zurück. Dort werden sie mit den zuvor ausgesandten

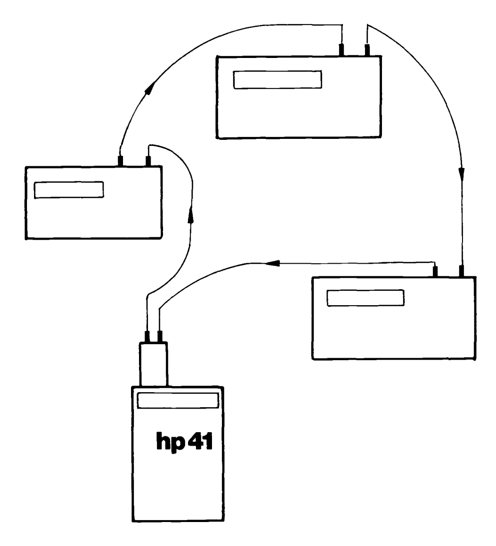


Bild 72: Der Interface-Loop: die abgesandten Daten kommen immer zum Absender zurück.

verglichen und wenn keine Abweichung vorliegt, d. h. wenn in der Ringschleife kein Übertragungsfehler aufgetreten ist, gelten die Daten als richtig und die nächsten können auf die Schleife gegeben werden. Andernfalls wird die Übertragung wiederholt.

Alle Daten machen also einmal die Runde in der Ringschleife, bei Übertragungsfehlern sogar mehrmals, eben solange, bis kein Fehler mehr auftritt. Die Geschwindigkeit allerdings ist im Vergleich zum IEEE 488 gering, was aber für Anwendungen dieser Art vollständig ausreicht.

Datenbusse zur Datenübertragung bieten neben der Möglichkeit, viele Geräte an ein Kabel hängen zu können, auch noch weitere Vorteile. So braucht der Computer zum Beispiel nur eine einzige Schnittstelle um mehrere Geräte anzusprechen (14 beim IEEE 488, 30 beim HP-IL). Damit kommt man schon bei der Mechanik und Elektronik billiger weg. Außerdem macht erst ein Buskonzept den Einsatz eines programmierbaren Taschenrechners als kontrollierendes Gerät einer Vielzahl von Meßinstrumenten möglich: Es ist praktisch unmöglich, an der Stirnseite des HP 41 dreißig Stecker anzubringen und die dreißig Kabel würden mehr wiegen als der kleine HP 41!

Der Nachteil des Buskonzeptes gegenüber einzelnen Kabelverbindungen zu jedem einzelnen Gerät ist klar: die Geräte müssen sich den Bus teilen. Wenn alle Geräte dauernd und mit höchstmöglicher Busgeschwindigkeit Daten an den Computer senden woll-

ten, könnte das nur eines tun und die anderen warten. Man sollte also nur solche Geräte an einen gemeinsamen Bus hängen, die nicht alle dauernd und nicht mit höchster Busgeschwindigkeit Daten senden und empfangen wollen. In diesem Sinne ist die Zahl 14 beim IEEE 488 als obere Grenze zu sehen, wobei die Anwendung bestimmt, wieviel man tatsächlich anhängen wird.

Je nach Computer kann man auch mehrere Busse gleichzeitig betreiben. So können die schon genannten Rechner der Serie A mit bis zu 18 Schnittstellenkarten für den IEEE 488 ausgerüstet werden, was 18 voneinander unabhängige IEEE-488-Busse bedeutet. Damit sind bis zu 252 Instrumente ansteuerbar. Bedenkt man, daß heute weltweit um die tausend verschiedene Instrumente (von Voltmetern über Oszilloskope bis zu automatischen Testgeräten) mit Schnittstellen IEEE 488 auf dem Markt sind, kann man sich leicht vorstellen, daß man schon sehr komplizierte Anwendungen mit Kommunikation Rechner-Instrument zusammenbauen kann.

6.2 Kommunikation Rechner-Rechner

Die Notwendigkeit, verschiedene Rechner zusammenzuschalten, kann sich einerseits daraus ergeben, daß die Leistung eines einzelnen zur Bewältigung einer gegebenen Aufgabe nicht ausreicht und eben mehrere benötigt werden. Andererseits gibt es auch den Fall, daß die von einem Rechner an einem Ort A bearbeiteten Daten für einen Rechner an einem entfernten Ort B gebraucht werden. Dabei gibt es die Möglichkeit, den Transport von Daten mittels sogenannter Datenträger (Magnetbänder, Disketten, Cassetten) durch mechanisches Transportieren (verschicken per Post) zu bewerkstelligen, was je nach Anwendung auch eine annehmbare Lösung sein kann. Ist das aber für die Anwendung zu langsam, bleibt nur die Möglichkeit, die Daten mittels elektrischer Signale zu übermitteln, einfacher ausgedrückt, ein Kabel zwischen den beiden Rechnern zu installieren.

Mit dem Verlegen eines Kabels aber ist es noch nicht getan. Da beide Rechner jeweils gegenüber dem anderen unabhängig arbeiten und ihre Konstruktionen verschieden sein können, kann man nicht einfach Daten auf eine Leitung geben und erwarten, daß der empfangende Rechner sie richtig versteht. Dieses Problem hatten wir schon mit dem Kommunikationskanal Rechner-Instrument. Man braucht also auch für die Kommunikation Rechner-Rechner irgendwelche Normen zur Datenübertragung, synchrone oder asynchrone. Im Prinzip geht es also genauso zu, wie

bei der Kommunikation Rechner-Instrument. Dennoch gibt es feine Unterschiede.

So ist weder IEEE 488 noch HP-IL für die Kommunikation Rechner-Rechner ausgelegt. Beide Busse dienen der Kommunikation zwischen einem intelligenten Gerät (einem Computer), das den Bus verwaltet, und mehreren weniger intelligenten Geräten (Instrumente), die keine verwaltenden Funktionen auf dem Bus ausführen können.

Bei der Kommunikation Rechner–Rechner hingegen sind die miteinander kommunizierenden Geräte gleichwertig. Dies verlangt eine andere Struktur. Würde man einen der beiden Rechner wie ein Instrument behandeln, müßte dieser immer auf den anderen Rechner bei der Benutzung des Busses warten, was sicherlich einer Echtzeit-Anwendung nicht entgegenkommt. Außerdem ist die Häufigkeit und Dauer der Übertragungen zwischen Instrumenten und Rechner anders verteilt als zwischen Rechner und Rechner. So senden z. B. Instrumente ab und zu Daten an den Computer und können sich somit einen Bus teilen. Wenn der Bus gerade nicht frei ist, werden die Daten kurzfristig im Meßinstrument zwischengespeichert. Meßinstrumente haben aber keine großen Speicher wie Rechner, schon gar nicht Massenspeicher. Damit ist die Menge von Daten, die kurzfristig warten muß, gering.

Bei der Kommunikation zwischen Rechnern hingegen muß man sehen, daß der Rechner nicht nur Selbstzweck ist, um Daten hin- und herzuschaffen. Er bearbeitet in erster Linie seine Anwendung (z. B. einen Prozeß). Schaltet man zwei Rechner zusammen, so hat jeder jeweils seine Anwendung zu bearbeiten. Sollen beide Rechner Daten austauschen, muß die laufende Aufgabe unterbrochen werden, wenn auch nur kurz, und danach an der richtigen Stelle wieder weitergemacht werden. Nach Möglichkeit arbeitet man deshalb so, daß Daten zwischen Rechnern in einem gewissen Umfang gruppiert ausgetauscht werden.

Fassen wir zusammen:

Kommunikation Rechner-Instrument: Ein intelligentes Gerät mit mehreren nicht-intelligenten Geräten. Häufiger Datenaustausch, aber jeweils in geringer Menge.

Kommunikation Rechner-Rechner: Zwei gleich intelligente Geräte. Datenaustausch in großen Einheiten zusammengefaßt.

Unmittelbare Folge dieser Überlegung ist, daß Busstrukturen zur Kommunikation zwischen Rechnern weniger geeignet sind. Man arbeitet deshalb mit NETZEN wie in Bild 73, wobei zwischen zwei Rechnern ein reservierter Kommunikationskanal besteht.

Technisch gibt es vielerlei Möglichkeiten, derartige Verbindungen zu realisieren. So bieten die Großen in der Branche alle ihr



Bild 73: Zusammenschaltung von Rechnern zur Kommunikation.

eigenes NETZWERK an, das aber eben nur für ihre Computer funktioniert. Da gibt es DECnet von Digital Equipment Corporation, PRIMENET von Prime, XODIAC von Data General usw. Um nun die Verbindung zwischen zwei Rechnern aufzubauen, braucht man zwei Schnittstellenkarten, ein Kabel (mehradrig abgeschirmtes oder Koaxialkabel) und eben die Software, die in beiden Rechnern (gleichberechtigt) die Kommunikation verwaltet (Bild 74).

Um drei Rechner miteinander zu verbinden, braucht man mindestens zwei Kabel und vier Schnittstellenkarten. Setzt man entsprechend mehr Schnittstellenkarten in einen Rechner ein, so kann dieser mit entsprechend vielen Rechnern kommunizieren. Außerdem ist es möglich, Netze aufzubauen, bei denen Kommunikationskanäle mehrfach vorkommen, was gegen Ausfall einzelner Leitungen schützt. Dazu sei nochmal Bild 73 betrachtet. Will der Rechner B an den Rechner C über den Rechner A Daten senden und der Rechner A fällt aus, gehen die Daten verloren und erreichen den Empfänger C nicht. Um das zu vermeiden, schaltet man

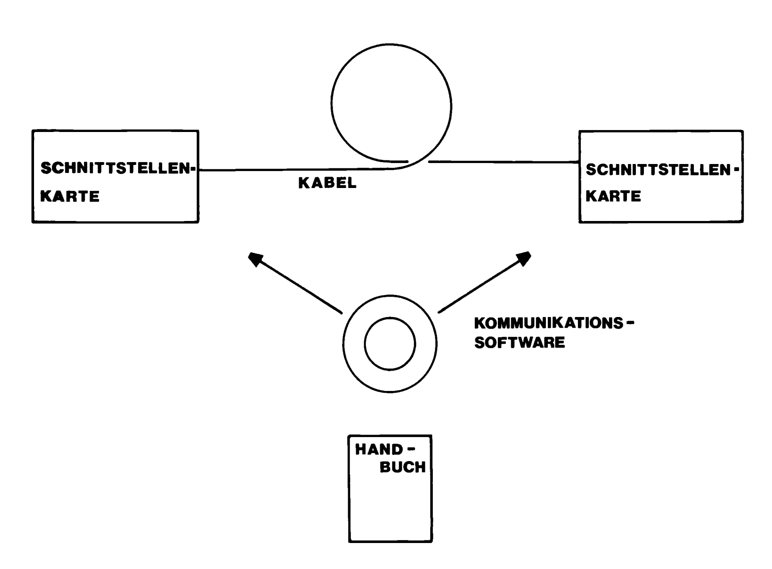


Bild 74: Bestandteile zum Aufbau einer Verbindung Rechner-Rechner.

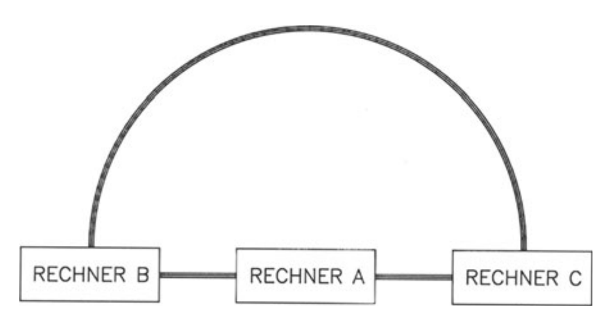


Bild 75: Redundante Kanäle.

noch einen Kommunikationskanal zwischen B und C (Bild 75). Damit haben wir also noch einen zusätzlichen Kommunikationskanal zwischen B und C. Das mehrfache Vorhandensein von Kommunikationskanälen nennt man REDUNDANZ.

Die Aufgabe der Netzwerk-Software umfaßt mehrere Tätigkeiten. So müssen Daten vor dem Absenden auf die Leitung richtig „verpackt" werden. Sie werden dabei in einen Rahmen aus Start- und Ende-Block gesetzt, wozwischen sich die Daten befinden. In Start- und Ende-Block befinden sich die Informationen zum Erkennen der Daten, wie z. B. Absender und Zieladresse. Der Aufbau des Rahmens ist leider i. a. von Hersteller zu Hersteller verschieden, so daß Computer verschiedener Hersteller nicht mit derselben Netzwerk-Software arbeiten können. Die einzige Ausnahme bietet dabei IBM, die aufgrund ihrer Vormachtstellung die anderen Hersteller dazu veranlaßt, auch die Software für IBM anzubieten, womit Rechner anderer Hersteller an IBM-Rechner angeschlossen werden können.

Andere Teile der Netzwerk-Software kümmern sich um das in Bild 73 gezeigte Durchschleusen durch einen Rechner A. Dabei müssen die in A ankommenden Daten zwischengespeichert, auf Fehler überprüft und an B weitergeschickt werden.

Andere Teile wiederum sammeln statistische Informationen über die Häufigkeit von Ausfällen der Leitungen. Wieder andere schalten den Datenfluß automatisch auf eine andere Leitung, wenn die erste ausfällt. Man kann sich auch der Netzwerk-Software bedienen, um Zähler in den Rechnern zu vergleichen: Jeder Rechner zählt seine erhaltenen Informationen und vergleicht den Zählerstand mit dem Rechner, der Daten gesendet hat. Sind die Zählerstände gleich, gut so. Sind sie nicht gleich, dann hat man entweder Daten bei der Übertragung durch Störungen verloren oder Daten sind mehrfach übertragen worden (Echo, was insbesondere auf langen Leitungen häufig auftritt). Solche Zähler sind

speziell zur Übertragung von Meßwerten wichtig. Wird z. B. in einer Prozeßanwendung ein Datum zweimal übertragen, wo es nur einmal sein sollte, wird z. B. eine Heizung noch weiter hochgefahren, kann schon mal ein Kessel explodieren!

Je nachdem für welche Anwendung – die Computer, die in ein Netzwerk eingebunden werden, als auch die Netzwerke sind mit unterschiedlichen Eigenschaften ausgestattet. Die erwähnten Zähler braucht man sicherlich wenig in einem Netzwerk zur Übertragung von Text. Beim Zusammenschalten verschiedener Rechnertypen in einem Netzwerk ist man dann gezwungen, den kleinsten gemeinsamen Nenner zu nehmen, was im schlechtesten Fall bedeutet, daß nur die Steckverbinder zusammenpassen, man aber die gesamte Netzwerk-Software selbst schreiben oder schreiben lassen muß. Netzwerk-Software, die vom Rechnerhersteller angeboten wird und somit in großen Stückzahlen angeboten wird, kostet um 15 000 DM. Dazu muß noch der Preis für die Schnittstellenkarten gerechnet werden, der für ein leistungsfähiges Netzwerk auch bei 6000 DM per Karte liegt.

Die Kosten für Netzwerk-Software und Karten sind aber vergleichsweise gering mit dem, was an Verkabelung zu erwarten ist, insbesondere wenn es sich um große Entfernungen handelt. Befinden sich die Rechner alle auf einem Grundstück, kann man ja selbst Kabel einbuddeln lassen. Geht es aber aus dem Grundstück heraus, geht es auch gleich hinein ins Monopol der europäischen Postorganisationen. Und dieses Monopol heißt Fernmeldemonopol, gilt also auch für Daten. Man kann also die Post um das Verlegen eines Kabels bitten, was entsprechend kostet. Oder man kann eines mieten, auf Dauer, eben die sogenannte Standleitung. Das macht Sinn, wenn man die Leitung tatsächlich dauernd braucht. Für Anwendungen, wo das auch noch zuviel ist, kann man sich auch des Telefonnetzes bedienen. Dazu schließt man einen Umsetzer, genannt MODEM, an die Telefonleitung an (Bild 76). Das Modem setzt die digitalen elektrischen Signale in akustische (Piepstöne) um, die über das Telefonnetz übertragen werden können und beim Empfänger im entsprechenden Sinne umgekehrt umgesetzt werden.

Da weltweit die verschiedenen Postnetze zusammengeschaltet sind, kann man damit auch Daten über die Ländergrenzen hinweg übertragen. Im Gegensatz zur Standleitung hat man allerdings den Nachteil, daß Zeit verlorengeht, bis angewählt ist, d. h. bis die Verbindung aufgebaut ist. Eine Methode, die für Prozeßanwendungen sicher nicht taugt. Dennoch ist die Methode sehr verbreitet, weil man eben überall dort, wo ein Telefon ist, auch einen Anschluß hat.



Bild 76: Das Modem ermöglicht die Kommunikation zwischen Rechnern oder zwischen Rechnern und Terminals unter Verwendung des Fernsprechnetzes.

6.2.1 *Netzwerke mit Paketvermittlung (Packet Switched Networks)*

Bei den bisher beschriebenen Netzwerken war ein Kommunikationskanal zwischen zwei Computern auch immer durch mindestens ein tatsächlich vorhandenes Kabel verwirklicht. Für jede Verbindung gibt es also ein reserviertes Kabel. Damit ist es uner-

heblich, ob Daten schnell oder langsam übertragen werden, oder ob gar Pausen auftreten. Durch die Konstruktion des Kabels (Abstand der Adern, Anordnung der Adern, deren Dicke) ist eine größtmögliche Übertragungsgeschwindigkeit gegeben. Betrachtet man nun einmal die Kommunikation Rechner-Rechner von seiten der Kabel, so werden diese recht selten bis an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit ausgenutzt. Kabel, etwa Kupferkabel, sind teuer und werden bei immer teurer werdenden Rohstoffen in Zukunft eben noch teurer. Hinzu kommt, daß das Verlegen von Kabeln zum großen Teil Handarbeit ist und in so dicht besiedelten Ländern wie denen Europas immer umständlicher und aufwendiger wird. So betrachtet, stellt man schnell fest, daß Kabel und deren Benutzung in einem Netzwerk selbst im Vergleich zu teuren Computern einen erheblichen Kostenfaktor darstellen. Wie wir schon gesehen haben, lohnt sich das Anmieten von Standleitungen erst dann, wenn man dauernd Daten zu übertragen hat. Modems haben den Nachteil, daß es eine bestimmte, ungewisse Zeit braucht, bis die Verbindung aufgebaut ist. Und über Telefonleitungen kann man Daten nur sehr langsam übertragen, was man schon an der Einschränkung der Tonqualität bei Sprachübertragung sieht: mehr als 3000 Hertz sind nicht drin! Hinzu kommt, wie schon zu Anfang erwähnt, die extreme Störempfindlichkeit nichtdigitaler Übertragungen.

Was aber, wenn man Daten mit höherer Geschwindigkeit (höher als Modem) und ohne verlorene Zeit zum Anwählen übertragen möchte, dies aber nur ab und zu? Dafür gibt es seit wenigen Jahren ein Konzept, das sich NETZWERKE MIT PAKETVERMITTLUNG (engl. Packet Switched Networks) nennt. Jeweils unter anderen publikumswirksamen Namen, aber technisch gleich, gibt es solche Netzwerke in Frankreich, USA und Deutschland mit den Namen TRANSPAK, TELENET und DATEX-P. TRANSPAK als auch DATEX-P sind monopolisiert, da sie von den Postorganisationen in Frankreich bzw. Deutschland angeboten werden. In den USA gibt es dieses Monopol nicht, und damit existieren neben Telenet noch weitere, die allerdings wie schon gesagt technisch identisch sind (nur die Kasse, in die die Benutzer zu zahlen haben, gehört verschiedenen Leuten).

Wie funktioniert ein solches Netzwerk mit Paketvermittlung (NmP)? Angenommen, wir haben 3 Rechner, die untereinander Daten austauschen wollen. Die Post bietet jedem einen Anschluß an das NmP. Wenn jetzt Rechner A Daten zum Rechner B schicken will, gibt A seine Daten, verpackt in ein sogenanntes Paket, in das Netz (Bild 77). Das Paket besteht wiederum aus einem Anfangs- und einem Ende-Block und dazwischen sind die Daten

„verpackt". (Das geht genauso, wie man auf ein Postpaket den Absender und die Adresse schreibt, drin sind nicht Daten, sondern z. B. Ostereier, und man liefert es bei der Post, dem Netz, ab.)

Das Paket wird also in das NmP abgeliefert. Für den Absender, hier Rechner A, unbedeutend auf welchem Weg, wird das Paket im Netz weitergeschleust und an der Zieladresse, dem Rechner B, abgeliefert. Für den Benutzer ist die Verbindung zwischen Rechner A und B weder zugänglich noch sichtbar. Es gibt keine sichtbare Leitung zwischen Rechner A und B, dennoch aber einen Kommunikationskanal, denn schließlich sind die Daten ja übertragen worden. Man nennt so eine Verbindung einen VIRTUELLEN KOMMUNIKATIONSKANAL.

Das NmP ist intern durch eine Vielzahl von Verbindungen, etwa Leitungen, verwirklicht. Im NmP selbst schleusen eigene Computer die Pakete durch dieses Netzwerk von Leitungen. Dabei können die Verbindungen Kabel, Richtfunkstrecken oder Satellitenverbindungen sein. Man nennt diese Verbindungen PHYSIKALISCHE KOMMUNIKATIONSKANÄLE. Der Vorteil des Konzeptes der NmP ist darin zu sehen, daß durch das Transportieren von Datenpaketen in einem solchen Netz über beliebig von den internen NmP-Computern zusammengeschaltete Leitungen, es keine reservierten Leitungen zwischen zwei Teilnehmern mehr gibt. Die NmP-Computer leiten die Pakete immer so über die Leitungen des Netzes, daß die Leitungen bestmöglich ausgelastet werden. Um das „wie" braucht sich der Benutzer nicht zu kümmern. Er liefert lediglich die Daten an das Netz ab und der Rechner mit entsprechender Adresse bekommt die Daten übermittelt. Mit drei Rechnern am NmP hat man also drei virtuelle Kommunikationskanäle (vergleiche Bild 77). Und man braucht nicht bei drei Rechnern aufzuhören: Jeder ans NmP angeschlossene Rechner kann mit jedem anderen angeschlossenen kommunizieren!

Die NmP's bieten also drei Vorteile gegenüber den zuvor besprochenen Methoden der Kommunikation Rechner-Rechner:

Erstens nimmt das NmP dem Benutzer alle Aufgaben des Verwaltens und Instandhaltens des Netzwerkes ab.

Zweitens ist durch die vernetzte Struktur mit hoher Wahrscheinlichkeit sichergestellt, daß die Daten bei Ausfall einer Leitung auf einer anderen an den Zielrechner weitergeleitet werden.

Drittens zahlt der Benutzer nicht mehr wie beim Telefon für die Benutzung einer für ihn reservierten Leitung pro Zeiteinheit, denn diese Leitung gibt es ja nicht mehr. Die Dienstleistung NmP wird nach der Anzahl der übermittelten Pakete bezahlt. Dabei

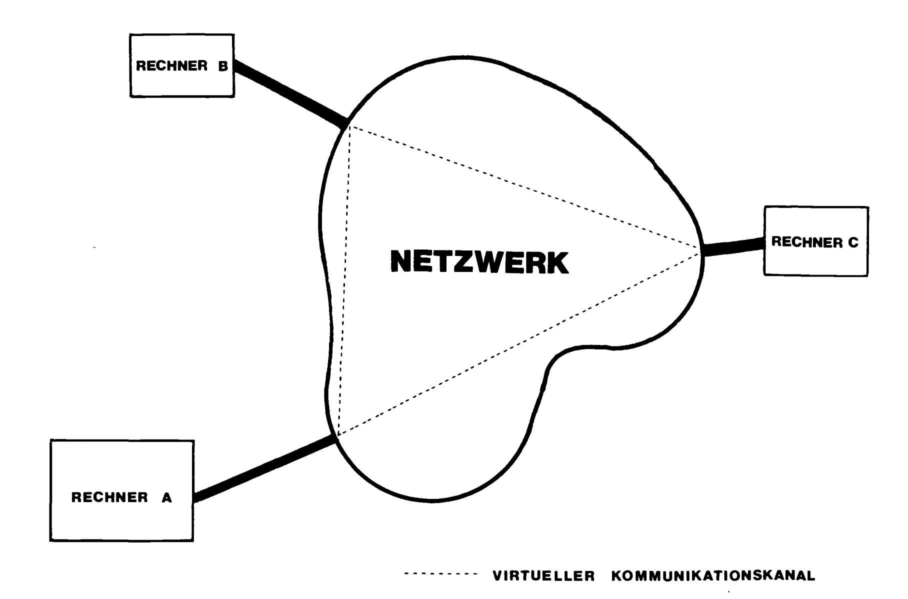


Bild 77: Netzwerke mit Paketvermittlung.

zählen die internen NmP-Computer die Pakete pro Teilnehmer und drucken am Ende vom Monat die Rechnung.

Damit zahlt man also für den Datentransport und nicht für die Leitung. Bild 78 zeigt die Kostenverhältnisse als Funktion der Menge übertragener Daten. Die Gerade für den Modem-Betrieb steigt schneller an, eben weil man eine reservierte Leitung braucht: Beim NmP können Pakete mit unterschiedlicher Adresse streckenweise über dieselbe Leitung laufen. Die Kosten einer Standleitung sind fest, egal, ob man sie benutzt oder nicht.

Bild 78 zeigt deutlich, daß NmP die beste Lösung für den gelegentlichen Datentransport mittleren Umfanges ist. Was dabei „gelegentlich" und „mittleren Umfanges" ist, hängt von der Preisstruktur des NmP ab, die von Land zu Land unterschiedlich ist.

Es ist allerdings noch nicht so, daß bereits alle Länder Europas die NmP's anbieten. Die Notwendigkeit zum weiteren industriellen Fortschritt, der zweifelsohne die Informatik braucht, ist jedoch unisono erkannt, und damit ist auch noch vor Ende dieses Jahrhunderts sichergestellt, daß nicht nur Europa, sondern jedes Industrieland mindestens ein NmP bietet. Der innere Aufbau in den NmP's ist von Land zu Land verschieden, was aber den Benutzer nicht zu stören braucht. Der Benutzer braucht eine genormte Schnittstelle, die mit X.25 bezeichnet wird. Alle bedeu-

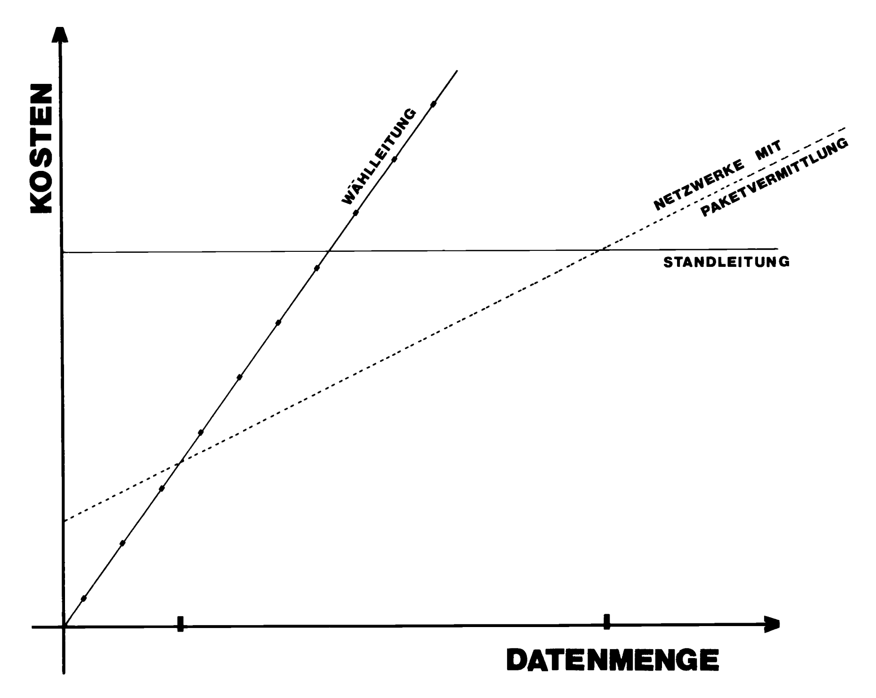


Bild 78: Kostensituation bei Datenübertragungen.

tenden Computerhersteller bieten bereits solche Schnittstellen an, womit man zum erstenmal Rechner auch unterschiedlicher Hersteller an ein Netzwerk hängen kann. Man muß sich allerdings im klaren sein, daß X.25 lediglich den schon erwähnten kleinsten Nenner in der Kommunikation zwischen Rechnern darstellt. Es ist noch nicht der Komfort wie bei den herstellerspezifischen Netzwerken gegeben, die z. B. per Knopfdruck auf entfernte Datenbanken zugreifen können. Man muß also noch einiges an Programmieraufwand treiben, um die NmP angenehm benutzen zu können.

Einige Hersteller haben ihre Netzwerk-Software so strukturiert, daß man sie auf X.25 „draufsetzen" kann, das heißt, daß der Benutzer von dem Komfort einer Netzwerk-Software auch über ein NmP profitieren kann. Das geht aber nur zwischen Rechnern desselben Herstellers, bzw. nur innerhalb einer gewissen Produktfamilie.

Da selbst das schönste NmP in einem einzigen Land nicht viel hilft, haben die Postorganisationen ihre NmP's zusammengeschaltet, was ja wegen der gemeinsamen Schnittstelle X.25 kein

Problem ist. Damit können Computer in ganz Europa und mit den USA kommunizieren, wobei die unterschiedlichen Namen der NmP pro Land nur noch für das Abrechnen gut sind. Wir können also mit den NmP Computer weltweit vernetzen und Daten austauschen. Das ist schon ein großer Fortschritt, wenn man bedenkt, daß der Stecker eines französischen Fernsehgerätes immer noch nicht in eine deutsche Steckdose paßt, von der Funktion des Gerätes ganz zu schweigen.

Die Möglichkeit der grenzübergreifenden Kommunikation hat aber auch schon einen anderen Bereich erfaßt und zwar die Datenbanken. So kann man auf einem großen Computersystem mit viel Speicherplatz Datenbanken aufbauen, die jedem Benutzer auf der Welt mittels den NmP's zugänglich gemacht werden können. Das ist keine Träumerei, solche Dienstleistungen existieren bereits in Europa, z. B. unter dem Namen EURONET DIANE. Dieses Dienstleistungsunternehmen verkauft Informationen (und die dazugehörige Software, um auf diese Informationen zugreifen zu können). Dabei gibt es Datenbanken für Medizin, Chemie, Rechtswissenschaften usw. Um zum Beispiel Chemikalien zu identifizieren, bedient man sich der Spektralanalyse. Um die Zusammensetzung einer Chemikalie zu kennen, muß man die Analyse normalerweise bis zum bitteren Ende ausführen und dabei alle gemessenen Parameter auswerten. Nicht so mit der Datenbank und den Netzen. Man schickt die Parameter über das Netz in den Computer, der die Datenbank hält, dort werden die Parameter mit denen in der Datenbank gespeicherten verglichen, und wenn man ein solches Profil von Parametern gefunden hat, holt man sich aus der Datenbank die Information über die Zusammensetzung der Chemikalie, die dann an den Benutzer übers Netz zurückgesendet wird.

Die Kombination von Datenbanken und Netzen bedeutet, daß es in diesem Jahrzehnt zum erstenmal überhaupt möglich ist, detailliertes und wertvolles Wissen in wenigen Sekunden überall auf der Welt abfragen zu können. Die gesellschaftspolitische Bedeutung dieser Entwicklung ist wohl nur mit der großartigen Pionierarbeit des Erstellens der ersten Enzyklopädie von Diderot und d'Alembert im 18. Jahrhundert zu vergleichen . . .

6.3 Lokale Netzwerke

Die in den beiden vorigen Kapiteln beschriebene Kommunikation zwischen Rechnern hatte im wesentlichen den Sinn, Daten zwischen Rechnern über größere Entfernungen hinweg auszutauschen. Dabei kam es darauf an, sich an dem existierenden

Bestand an Verkabelung zu orientieren. Man kann also selbst Kabel verlegen lassen, solche anmieten oder NmP's benutzen. Das Übertragen über große Entfernungen verlangt Überprüfen auf Übertragungsfehler, man benötigt statistische Daten über die Zuverlässigkeit der Leitungen, es muß zwischen Leitungen hin- und hergeschaltet werden usw. Insgesamt braucht man einigen Aufwand an Hardware in Form von Schnittstellenkarten zum Anschließen an die Kommunikationskanäle (Leitungen und Netze) sowie aufwendige Netzwerk-Software, die den Datentransport organisiert. Das alles sind Bedürfnisse, die nur mit ziemlich großen Computersystemen befriedigt werden können. Andererseits setzt sich aber auch der Trend durch, daß immer mehr „dumme" Geräte, wie etwa elektrische Schreibmaschinen, durch Einbau eines Kleinstcomputers (genannt Mikroprozessor), in beschränktem Umfange Daten verarbeiten können, und Bedarf zum Austausch mit anderen „dummen" Geräten besteht. Aus der Schreibmaschine wird der Textautomat, der Daten mit dem Fernschreiber austauscht usw. Es wäre sinnlos, die Daten von dem einen abzulesen, um sie in das nächste Gerät wieder einzutippen. Man muß diese Geräte zusammenhängen und zwar selbst unter der Berücksichtigung ihrer mageren Computerfähigkeiten.

Die Vernetzung soll auch noch wirtschaftlich interessant sein, d. h. die Schnittstellenkarten und die Verkabelung darf nicht mehr kosten als die einzelnen Geräte selbst. Technisch vereinfacht wird die Sache, weil solche Installationen auf ein Gebäude oder bestenfalls auf ein Grundstück beschränkt sind. Damit sind die Leitungswege recht kurz und man kann mit hohen Datenübertragungsgeschwindigkeiten arbeiten. Zudem müssen noch drei weitere Forderungen erfüllt werden.

Erstens darf durch das Zuschalten eines weiteren Gerätes der Betrieb auf dem Netz nicht angehalten werden, um das Netz neu zu konfigurieren und wieder zu starten. Bei einer Vielzahl von Geräten würde das zu dauernden Unterbrechungen führen bzw. ein striktes Koordinieren aller Benutzer verlangen, was nicht machbar ist („Alle morgens um 8 den Stecker rein, jawohl!"). Zweitens sollte das Netz nicht so aufgebaut sein, daß *ein* zentraler Rechner die gesamte Kommunikation verwaltet. Denn fällt der aus, oder wird gerade Wartung gemacht, dann warten viele Benutzer. Drittens muß der Kommunikationskanal selbst billig sein. Ein NmP, in dem Rechner selbst zum Durchschleusen der Informationen arbeiten, kommt also nicht in Frage. Dabei ist eben die billigste Form ein Kabel mit Steckdosen, also ein völlig passiver und unintelligenter physikalischer Kommunikationskanal.

Das Thema „Lokale Netzwerke" ist so neu, daß zur Zeit

vierzig verschiedene Normen von verschiedenen Herstellern vorgeschlagen werden. Dennoch zeichnet sich bereits ab, daß das von den Firmen XEROX, Intel und Digital Equipment Corporation entwickelte und vorgeschlagene ETHERNET, wenn auch in modifizierter Form, die zukünftige Norm darstellen wird. ETHERNET läßt Übertragungsgeschwindigkeiten bis zu 10 Megabits pro Sekunde zu, was im Vergleich zu DATEX-P mit nur 19 200 bits/sec offensichtlich deutlich schneller ist. Es können bis zu 1024 verschiedene Geräte angeschlossen werden.

Wie schon gesagt, gibt es keinen Computer, der bei ETHERNET den Datenfluß organisiert, und das bei der Vielzahl der Geräte und den hohen Geschwindigkeiten zur Datenübertragung.

Wie kann das funktionieren, ohne daß Daten vertauscht, verloren oder gemischt werden und an falsche Empfänger gelangen?

Nachfolgend sei erklärt, wie das funktioniert.

Jedes an das ETHERNET angeschlossene Gerät (Schreibmaschine, Tischrechner, Terminal usw.) muß mit einer speziellen ETHERNET-Schnittstellenkarte ausgerüstet sein. Diese Karte erlaubt den Anschluß an die Leitung, die beim ETHERNET ein Koaxialkabel ist (Koaxialkabel gibt es bei jedem Fernsehgerät zwischen Fernseher und Antenne). Jede Karte trägt einen miniaturisierten Computer, Mikroprozessor genannt. Damit kann jedes Gerät Daten mit Angabe der Adresse und des Absenders auf das Koaxialkabel geben. Die Daten liegen selbstverständlich digital vor und werden innerhalb Anfangs- und Endeblöcken, wie schon zuvor besprochen, übertragen. Bevor ein Gerät Daten auf das ETHERNET gibt, muß die Schnittstellenkarte überprüfen, ob nicht gerade eine Datenübertragung auf dem ETHERNET stattfindet, die gestört werden könnte. Wenn ja, speichert die Karte zwischenzeitlich die Daten und gibt sie auf das Koaxialkabel, sobald dieses frei ist. Da die Daten auf dem ETHERNET-Bus mit einem Absender und einer Zieladresse versehen sind, werden sie nur von dem Gerät aufgenommen, das die passende Zieladresse hat. Wie schon gesagt, gibt es bis zu 1024 Zieladressen für einen ETHERNET-Bus. Es kann also jedes Gerät an jedes Daten schicken und jedes von jedem Daten empfangen. Es gibt keine weitere Leitung zum Synchronisieren, es handelt sich um eine asynchrone Übertragung, womit also sowohl schnelle (Computer) als auch langsamere Geräte (elektrische Schreibmaschinen) angeschlossen werden können.

Allerdings gibt es noch einen Problemfall abzufangen. Es kommt nämlich vor, daß zum gleichen Zeitpunkt zwei Geräte

Daten übertragen wollen und der Bus war gerade frei. Dann senden beide Geräte ihre Daten auf den Bus und die elektrischen Signale addieren und vermischen sich auf der Leitung. Damit sind die zu übertragenden Informationen zerstört und können von den Empfängern nur vollständig verfälscht angenommen werden. Den Empfängern muß aber mitgeteilt werden, daß sie Unsinn aufgenommen haben, und daß sie auf eine neue Übertragung warten sollen. Das geschieht so, daß jede ETHERNET-Schnittstellenkarte die elektrische Spannung auf dem Koaxialkabel überprüft. Senden aber zwei Geräte gleichzeitig, so addieren sich die Spannungen und diese Überspannung zeigt der Schnittstellenkarte, daß auf der Leitung zwei Übertragungen gleichzeitig versucht wurden, was man auch KOLLISION nennt. Liegt eine Kollision vor, starten in den ETHERNET-Schnittstellenkarten unabhängige Zufallszahlengeneratoren, die nach einer durch die Zufallszahlengeneratoren gegebenen Zeitspanne die Übertragung wiederholen. Damit startet dann jeder Zufallszahlengenerator zu einem anderen Zeitpunkt und die Kollision wird wahrscheinlich vermieden. Kommt es dennoch zu einer Kollision, wiederholt sich das Spiel. Mit Methoden der Wahrscheinlichkeitstheorie kann man vorhersagen, wieviel Wiederholungen bei wieviel Geräten notwendig sind und wie lange im schlechtesten (Zu-) Fall eine Übertragung braucht. Die Wahrscheinlichkeitstheorie zeigt uns, daß die Wiederholungen nicht unendlich oft auftreten können, womit der Bus nämlich blockiert wäre (schließlich gewinnt auch niemand 10mal in seinem Leben im Lotto mit allen 6en!). Deshalb nennt man ein Verfahren wie das des ETHERNET auch ein CSMA/CD-Verfahren, was für „Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection“ steht; auf deutsch läßt sich das mit „Mehrfachzugang durch Besetztabfrage eines Trägers mit Kollisionserkennung“ übersetzen.

Wie wir gesehen haben, wird die Verwaltung beim ETHERNET auf alle Schnittstellenkarten verteilt. Diese Karten müssen also alle eine gewisse „Intelligenz“ besitzen, um diese Aufgaben auszuführen. Man braucht also praktisch einen kleinen Computer auf jeder Karte. Die Frage ist nur, was dieser „kleine Computer“ kostet. Er wird in der Form eines speziellen Mikroprozessors (wir kommen darauf später zurück) verwirklicht. Mit der Herstellung in großen Stückzahlen kommt man damit zu erfreulich geringen Preisen.

Um nicht nur den guten Ideen der Firma XEROX Rechnung zu tragen, hat man sich auf eine leicht veränderte Form des ETHERNET geeinigt, was zur Norm IEEE 802.3 geworden ist und als weltweit akzeptiert gilt. Diese Feinheiten ändern nichts am

Prinzip, jedoch ist der auf der Schnittstellenkarte verwendete Mikroprozessor ein anderer.

Zum Abschluß des Kapitels sei noch eine kurze Anmerkung angefügt, warum denn ETHERNET gerade Ethernet heißt. Ether steht für Äther und dieser Begriff hatte bis in dieses Jahrhundert in der Physik eine große Bedeutung. Um solche Dinge zu erklären wie beispielsweise, warum denn das Wasser in der Badewanne auf der nördlichen Halbkugel in einem rechtsdrehenden Wirbel und auf der südlichen Halbkugel in einem linksdrehenden Wirbel abläuft, erfanden die Physiker den Äther, als etwas nicht wägbares, dennoch alles umgebendes. Und so kam es auch zu dem Namen Äthernetz, oder ETHERNET, eben einem etwas, in das alle Informationen hineinverschwinden, und aus dem alle wieder herausgenommen werden können.

Wenngleich die Ätherhypothese in der Physik nicht untermauert werden konnte, wird ETHERNET bzw. IEEE 802.3 sicherlich eine große Zukunft haben.

6.4 Ergonometrie

Nachdem wir uns eingehend mit den Aspekten der Kommunikation zwischen Maschinen, nämlich Rechnern und Rechnern bzw. Instrumenten beschäftigt haben, sollte auch nicht die Kommunikation zwischen Rechner und Mensch außer acht gelassen werden.

Was zwischen Rechner und Mensch an Informationen ausgetauscht wird, ist durch die Konstruktion des Rechners, die verwendete Software und die zu bearbeitende Aufgabe gegeben. Dabei wird vom Menschen verlangt, mit dem Rechner umgehen zu können (Kenntnis des Menüs im Anwendungsprogramm, der Programmiersprache oder gar des Betriebssystems). Ebenso muß die Aufgabenstellung bis ins Detail verstanden worden sein, denn wer nicht weiß, wohin er fahren will, dem nützt auch kein Führerschein. Diese Aspekte sind bereits in Kapitel 3 behandelt worden. Hier sei nicht auf das „was“ sondern auf das „wie“ eingegangen.

Das ‚wie‘ besteht bei modernen Systemen darin, daß der Mensch vor einem Terminal sitzt und auf einer Tastatur Daten eingibt und Informationen vom Rechner in Form von Anzeigen auf dem Bildschirm aufnimmt (Bild 79). Um nun eine entsprechend große Anzahl von Informationen auf einem Bildschirm unterbringen zu können, gestaltet man die Schriftzeichen in gleicher Größe wie die Schriftzeichen einer Schreibmaschine auf Papier. Das wiederum bedingt, daß der Abstand zwischen Auge und



Bild 79: Vorbildliche Darstellung von Text auf dem Bildschirm: schwarze Schrift auf weißem Grund.

Bildschirm etwa 50 Zentimeter sein muß. Man setze sich aber einmal einige Minuten vor einen Fernsehbildschirm und zwar in diesem Abstand! Es ist einigermaßen sicher, daß einem von dem Flimmern nach einigen Minuten schlecht wird (deshalb auch Flimmerkiste genannt). Das liegt daran, daß das Fernsehbild nur alle fünfundzwanzigstel Sekunde erneuert wird.

In den Anfängen des Fernsehens hat man aus Gründen von Problemen mit der Hochfrequenztechnik die Bildwechselfrequenz so niedrig wie möglich festgelegt, daher das Flimmern. Man sitzt deshalb ja auch nicht in 50 cm Entfernung vor dem Fernsehgerät, sondern in einem Abstand von 2 bis 3 Metern.

Es ist aber nicht möglich in einem Büro die Bildschirme immer drei Meter weit vom Schreibtisch entfernt aufzustellen, sie müssen näher ran und da taugt das übliche Fernsehgerät eben

nicht. Deshalb arbeiten Terminals mit schnelleren Bildwechselfrequenzen, 50 oder gar 60 ganze Bilder pro Sekunde.

Ein anderer wichtiger Punkt ist der, daß das Bild scharf auf dem Bildschirm erscheint, selbst wenn es sich nur um Zahlen handelt. Man konnte experimentell nachweisen, daß bei unscharfer Darstellung das menschliche Auge automatisch kleinste Bewegungen nach links und rechts und oben und unten ausführt und damit das Bild nach Konturen zwecks besserem Erkennen absucht. Gleichzeitig versucht der Ringmuskel wie eine autofocus-Kamera die Schärfe nachzustellen, die er nicht findet und damit dauernd die Linse preßt und zieht. Wenngleich diese Bewegungen nur sehr kleine sind, ermüden doch die Muskeln, fangen zu schmerzen an und dann gibt es eben Kopfweh.

Und es gibt noch ein Problem, das dem Auge zugemutet wird: der Kontrast zwischen Helligkeit auf dem Bildschirm und der Umwelt. In gleicher Weise, wie man zu Hause eine Fernsehleuchte verwendet, um auf der Flimmerkiste und der Umgebung gleiche Helligkeit zu haben, muß man auch beim Terminal verfahren. Nun werden allerdings Terminals im allgemeinen am Arbeitsplatz am hellichten Tag benutzt (von gewissen Berufszweigen und Überstunden abgesehen), was wiederum bedeutet, daß der Bildschirm im ganzen ziemlich hell sein muß. Bei der Darstellung von weißen Buchstaben auf dunklem Bildschirm ist das nicht möglich. Deshalb ist es besser die Buchstaben dunkel zu lassen und das auf weißem Untergrund, wie es uns das Terminal in Bild 79 zeigt. Diese Darstellung ist auch der Verwendung von Papier angepaßt, wo ja auch schwarz auf weiß geschrieben wird und nicht weiß auf schwarz.

Da man im voraus niemals sagen kann, wie die Lichtverhältnisse dort sind, wo das Terminal einmal später hingestellt wird, muß man die Möglichkeit haben, die Helligkeit des Bildschirms nachzustellen. Selbst die sich ändernden Lichtverhältnisse während eines Tages (insbesondere im Winter) machen ein gelegentliches Nachregeln der Helligkeit notwendig, wofür jedes Terminal einen leicht zugänglichen Drehregler oder ähnliches haben sollte, was aber leider noch nicht bei allen Geräten der Fall ist.

Neben der Darstellung in schwarz/weiß werden auch Terminals mit Bildschirmen angeboten, die einen grünen oder ockerfarbigen Leuchtstoff verwenden. Die Idee grün für die Darstellung von Informationen zu verwenden, ist nicht neu, denn schließlich waren früher einmal alle Schultafeln grün. Das ist deshalb sinnvoll, weil das Auge auf verschiedene Farben unterschiedlich empfindlich anspricht und die größte Empfindlichkeit bei grün liegt. (Man kann das mit Experimenten nachweisen, aber nicht

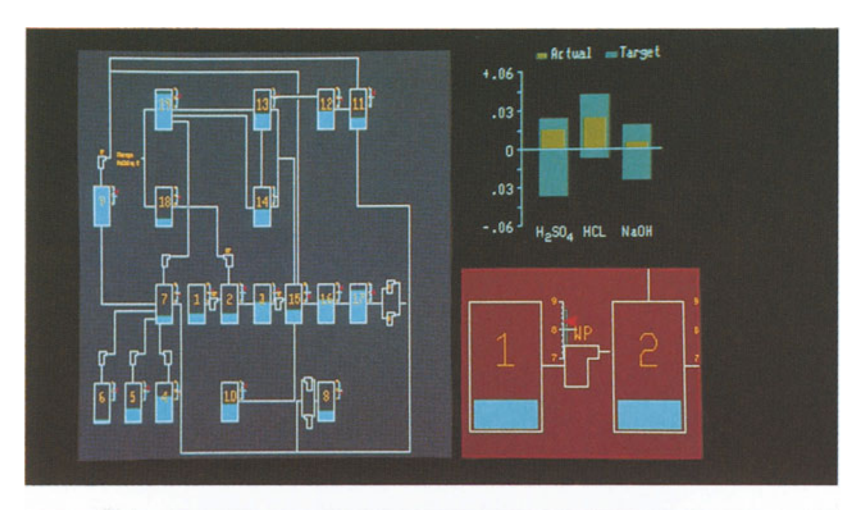




Bild 80: Mehrfarbterminal mit eigener Intelligenz zum Bearbeiten von farbiger Grafik. Deutlich ist der Nachteil der Schwarz-Weiß-Abbildung zu sehen: die Zahl 16 kann nicht von der Füllstandsanzeige unterschieden werden, was in Farbe hingegen möglich ist!

begründen. Vielleicht liegt es an unseren Ururur . . . ahnen, die sich wie Tarzan in einer Umgebung mit viel grün zurechtfinden mußten. Heute wäre wohl grau angepaßter . . .). Aus Skandinavien stammt die Idee nicht grün, sondern ocker zu nehmen. Einen Grund scheint es dafür nicht zu geben, außer dem, eventuell den eigenen Markt für Terminals zu schützen. Man muß aber zugeben, daß auch die ockerfarbenen Bildschirme über längere Zeit ohne Ermüdungserscheinungen betrachtet werden können.

Die einen schwören auf grün und die anderen auf ocker und wem das nicht reicht, der kann sich auch ein Mehrfarbterminal kaufen. Das kann durchaus sinnvoll sein, von dem Spaß an der Farbe mal abgesehen. Ein mehrfarbiger Bildschirm kann ganz einfach mehr Informationen darstellen als ein einfarbiger (Bild 80): Neben der Information Hell/Dunkel kommt noch die Farbe hinzu! Außerdem ist Farbe besser unserer Umwelt angepaßt und wir sind mehr daran gewöhnt auf Farben als auf Strukturen anzusprechen (Rot zum Bremsen, Grün zum Losfahren).

So kommen in der Prozeßkontrolle, wo es darauf ankommt, daß das Bedienpersonal schnell Gefahrenzustände erkennt, ausschließlich mehrfarbige Bildschirme zum Einsatz. Der mehrfarbige Bildschirm ist dem einfarbigen zweifellos überlegen, allerdings auch im Preis, was seiner massenhaften Verbreitung noch hinderlich ist.

Wenn wir bisher von der Kommunikation zwischen Mensch und Computer gesprochen haben, war immer das Terminal und damit das Auge zum Aufnehmen der Information im Spiel. Tatsächlich sind die Augen bei einer Person, die ihren Arbeitsplatz vor einem Bildschirm hat, stark belastet. Arbeiten ohne regelmäßige Pausen (alle Stunde mindestens 5 Minuten) sind unzumutbar. Das mag für diejenigen, die bisher nicht viel mit der Informatik zu tun hatten, erstaunlich sein. Aber leider hat auch die Informatik Arbeitsplätze geschaffen, bei denen der Mensch per Gesetz vor Schwerarbeit geschützt werden sollte. Bei Schwerarbeit handelt es sich eben nicht nur um Kohleschleppen.

Es gibt noch ein menschliches Problem, das auf so gut wie jeden von uns früher oder später zukommt, nämlich die durchs Alter bedingte Weitsichtigkeit. Das fängt so an, daß beim Zeitungslesen die Zeitung immer weiter weg gehalten werden muß und dann ist es eben eines Tages soweit: die Arme sind zu kurz! Eine Brille muß her. Wer aber nicht dauernd die Brille auf und absetzen will, der kann doch ganz einfach sein Terminal weiter weg stellen. Das geht auch, aber wenn Tastatur und Bildschirm im gleichen Gehäuse eingebaut sind, sind die Arme wieder zu kurz. Deshalb sollte bei einem Terminal Tastatur und Bildschirm ge-



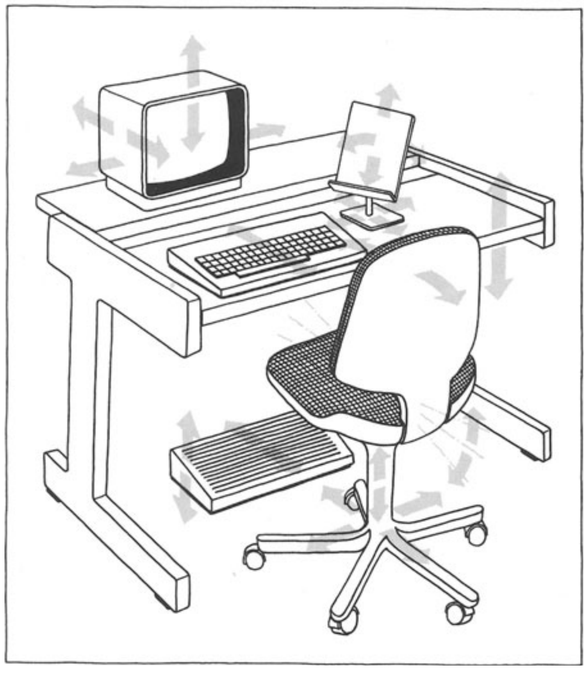


Bild 81: Ergonometrische Betrachtungen am Arbeitsplatz „Terminal“.
a) Bevorzugte Körperhaltung.
b) Verstellbarkeit der einzelnen Elemente.

trennt in zwei Gehäusen untergebracht sein, wenn das auch ein Kabel zwischen beiden notwendig macht.

Die ERGONOMETRIE, die sich als Wissenschaft mit der Anpassung von Maschinen an den Menschen befaßt, findet gerade im Bereich der Informatik ein bedeutendes Betätigungsfeld. Wenngleich die Arbeit vor einem Bildschirm keine schwere körperliche im traditionellen Sinne ist, so verlangt doch der über lange Zeitspannen in der gleichen Position gehaltene menschliche Körper einen angepaßten Arbeitsplatz, was sicherlich nicht mit einem 4-beinigen Küchenstuhl bewerkstelligt werden kann (Bild 81). Offensichtlich sind dabei auch andere, „allerwerteste" Körperteile langfristig beansprucht.

Neben dem Anpassen der vorhandenen Technik an den Menschen, kann man auch versuchen, neue Lösungen zu finden. Es bietet sich an, das Auge zu entlasten und zwar dadurch, daß man das Ablesen vom Bildschim in passenden Anwendungen durch synthetische Sprachausgabe ersetzt. Die dafür notwendige Elektronik ist nicht einmal besonders groß, sie wird an das Terminal angeschlossen. Der Sprachschatz ist allerdings begrenzt, denn jedes auszugebende Wort muß zuvor erst einmal eingegeben und digitalisiert gespeichert werden. Solche Sprachsynthesizer lassen sich dann sinnvoll anwenden, wenn Informationen vom Rechner ausgegeben werden sollen, ohne daß dabei die angesprochene Person vor einem bestimmten Terminal sitzt. Diese Person kann sich also frei bewegen und braucht nicht laufend die Anzeige auf einem Bildschirm zu kontrollieren.

Eine weitere Anwendung ist das Mitteilen von Alarmzuständen, was über einen Lautsprecher unmittelbar bei einer Vielzahl von Personen Aufmerksamkeit erregen wird, um z. B. im Falle eines Brandes unmittelbar ein Gebäude zu verlassen.

Zu einer sichtbaren Entlastung fürs Auge wird dieser Sprachsynthesizer dann, wenn er an einem Arbeitsplatz eingerichtet wird, an dem über längere Zeiträume am Terminal gearbeitet wird. Dabei sollte man soviel wie möglich immer wiederkehrende, vom Rechner ausgegebene Informationen („Bitte Papier einlegen", „Diskette wechseln", „Anderes Formular verwenden" usw.) vom Bildschirm wegnehmen und auf die Sprachausgabe geben. Damit wären die Augen der Person an diesem Arbeitsplatz deutlich entlastet.

So einfach das klingt, so überraschend ist doch festzustellen, daß diese Sprachsynthesizer in Europa noch kaum eingesetzt werden. Dazu muß das Thema Ergonometrie wohl noch weiter ins öffentliche Bewußtsein dringen.

7 Grafische Datenverarbeitung

Zur grafischen Datenverarbeitung braucht man entsprechende Hardware und Software. Fängt man bei der Hardware an, so ist die einfachste Konstruktion das sogenannte ZEICHENGERÄT (engl. plotter), das Grafiken auf Papier oder Folien zeichnen kann (Bild 82). Der mechanische Aufbau ist recht einfach, wenngleich dabei einige feinmechanische Präzision verlangt wird. Es gibt zwei Elektromotoren, die einen Zeichenstift über das Papier bewegen, der eine bewegt den Zeichenstift an dem vertikalen Arm auf und ab und der zweite bewegt den Arm. Steuert man die Motoren abwechselnd an, so kann man vertikale und horizontale Linien zeichnen. Steuert man sie gleichzeitig an, so kann man eine Diago-

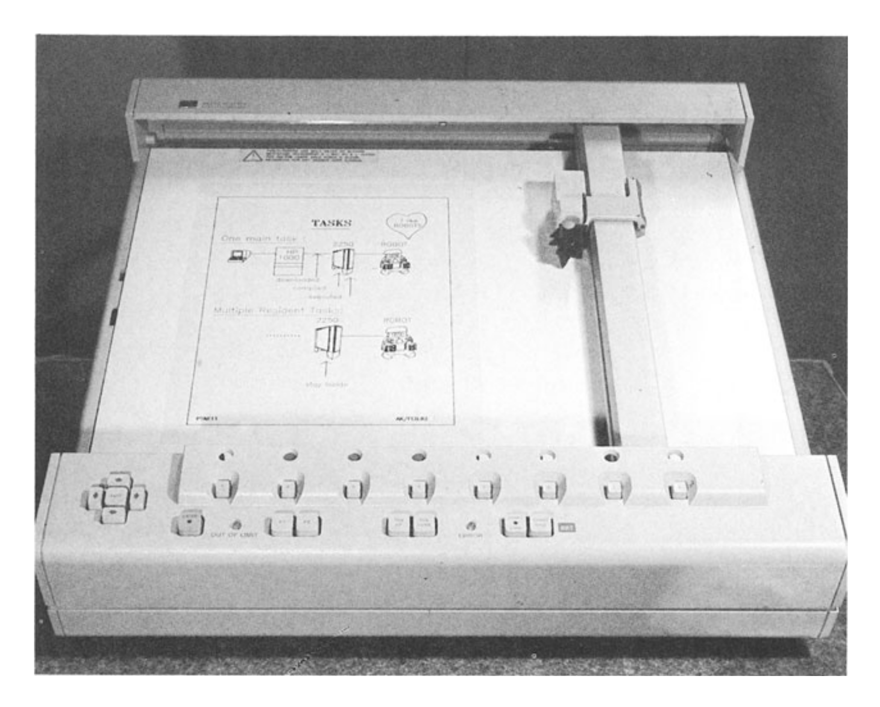


Bild 82: Plotter: automatisches Zeichengerät zum Anschluß an einen Computer.

nale zeichnen. Durch Ansteuern mittels ensprechend kurzer Impulse wird der Zeichenstift in kleinen Schritten ruckweise vorwärtsbewegt, so daß z. B. auch ein Kreis gezeichnet werden kann. Um einen Kreis zu zeichnen, ist die Ansteuerung schon hinreichend kompliziert, das zeigt, daß man zur Ansteuerung eines solchen Zeichners einen Rechner braucht. Die hier verwendete Schnittstelle zum Rechner ist die schon bekannte IEEE 488. Als Computer kann dabei das schon genannte technische Einbenutzersystem verwendet werden.

Mit einem solchem System kann man also alles zeichnen, was man auch auf einem Zeichentisch zeichnen kann. Und noch viel mehr. Um nämlich eine Zeichnung zu erstellen, bedient man sich eines GRAFISCHEN TERMINALS (Bild 83). Die technische Konzeption einer grafischen Anzeige ist ja schon aus dem Kapitel über das technische Einbenutzersystem bekannt.

Die Tastatur des grafischen Terminals hat einige Sondertasten, mit denen man einen Läufer auf dem Bildschirm hin- und herbewegt. Damit kann man Linien zeichnen wie auf einem Zeichenbrett. Gegenüber dem Zeichenbrett aber gibt es einige Vorteile: Dadurch, daß das Bild erst auf dem Terminalbildschirm zusammengesetzt wird, kann man auch mal falsch zeichnen. Durch Drücken einer Taste verschwindet die Linie sofort wieder. Radieren und Überpinseln gibt es also nicht mehr. Ein weiterer Vorteil liegt in der Präzision. Bei der Ausgabe auf dem Zeichengerät ist die Qualität durch die mechanische Konstruktion des Zeichners bestimmt und nicht durch die mehr oder weniger ruhige Hand einer Person. Wer schon einmal an einem Zeichenbrett gestanden hat, weiß diese Arbeitsentlastung zu schätzen.

Da eine solche Zeichnung im Rechner genauso gespeichert wird wie eine Menge von Zahlen, kann man das Bild jederzeit wieder aus dem Speicher (Hauptspeicher oder Massenspeicher) abrufen und Änderungen vornehmen. Braucht man die Zeichnung auf Papier, tippt man einen Befehl ein, der die Zeichnung auf den Zeichner gibt. Dann bekommt man von dem Zeichengerät die geänderte Zeichnung als Original (natürlich ohne „Radierungen"). Da die Zeichnungen in Massenspeichern gespeichert werden können, bedeutet das, daß man Zeichnungen nicht unbedingt in Form von Papier aufbewahren muß. Man kann sie in Form von Magnetbändern oder Disketten ins Regal stellen, womit das Aufbewahren weniger problematisch als mit Papier ist.

Insgesamt spielen in der grafischen Datenverarbeitung drei Bausteine eine Rolle. Erstens der Computer, zweitens die grafischen Aus-/ und Eingabegeräte sowie die zugehörige Grafik-Software. Allerdings ergeben sich damit sehr unterschiedliche

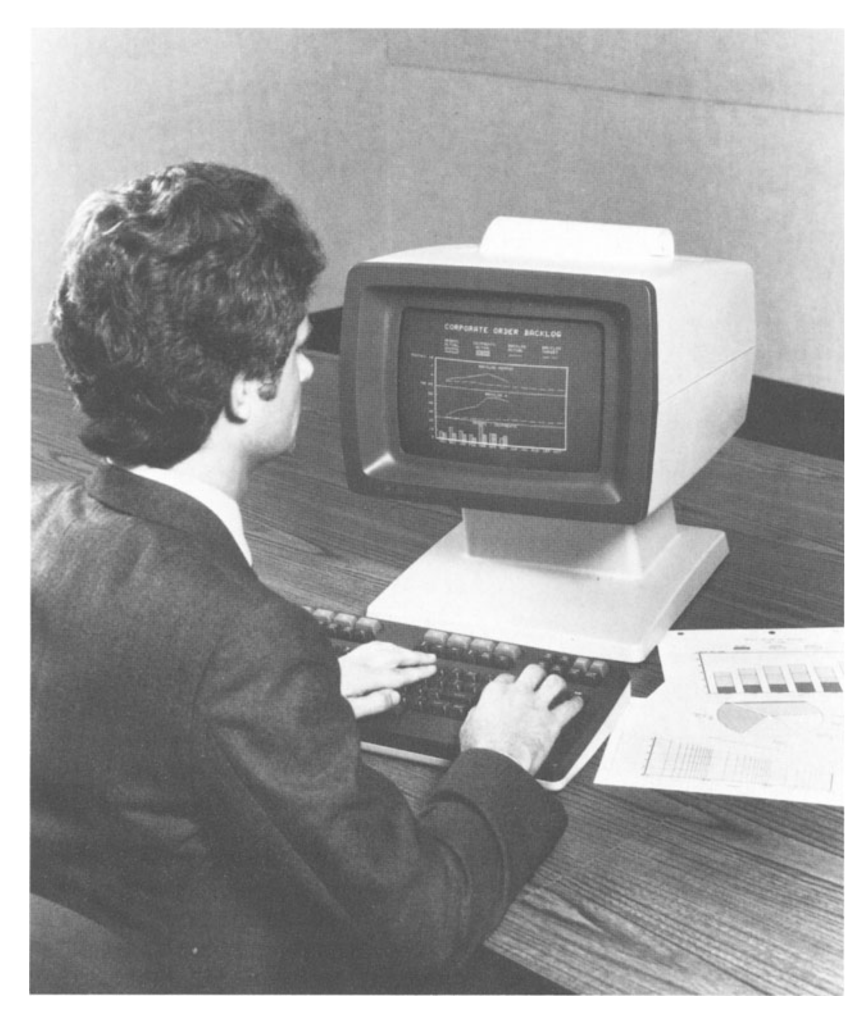
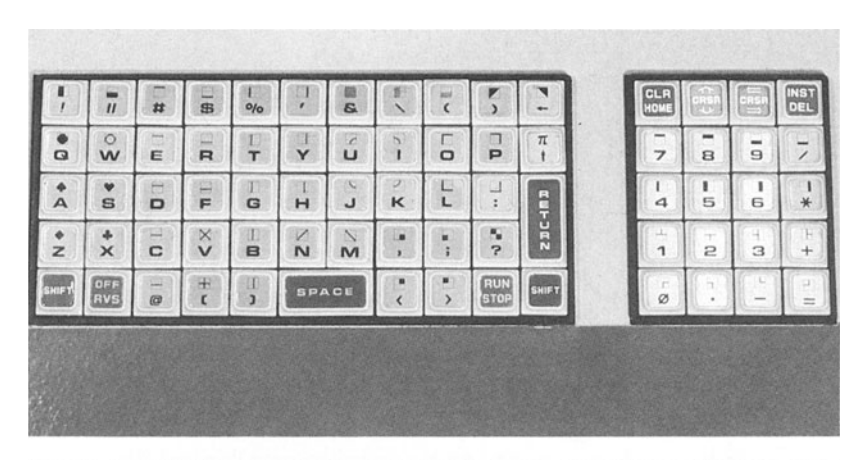


Bild 83: Grafisches Terminal. Die auf dem Tisch liegenden Zeichnungen wurden mittels des Terminals erstellt und von einem Plotter gezeichnet.

Preis- und Leistungsklassen. Mit dem gezeigten VC 64 kann man schon Grafik machen, allerdings eingeschränkt und zwar derart, daß der Computer selbst nur einen Satz von Grafiksymbolen verarbeiten kann, aus denen man sich seine Zeichnungen zusammensetzt (Bild 84). Man kann sie in diesem Fall zu einem Bild auf einem Fernsehschirm zusammensetzen oder auf einem grafischen Drucker (Nadeldrucker) ausgeben.



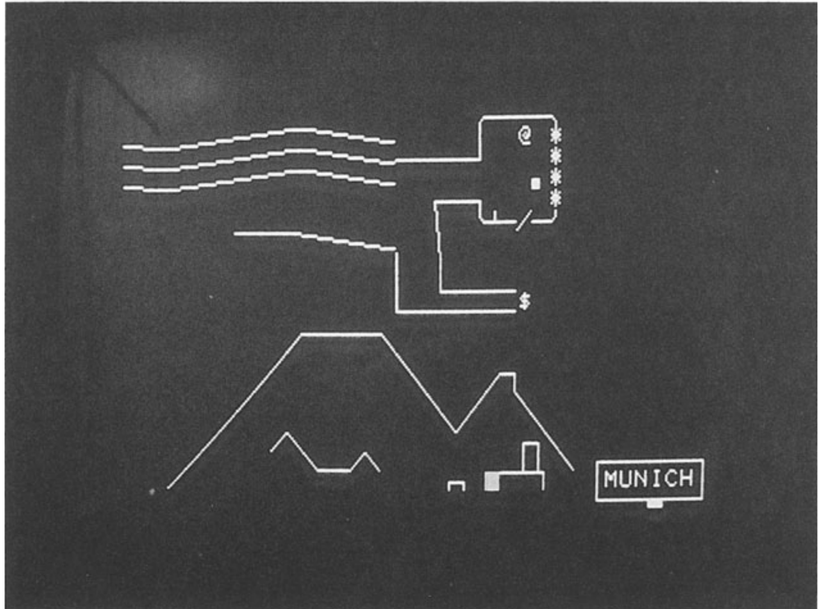


Bild 84: Tastatur eines Heimcomputers mit grafischen Symbolen zum Zusammensetzen von Zeichnungen aus diesen Symbolen. Darunter ein so aufgebautes Bild vom fliegenden Superman.

Ein Gerät, wie das besprochene technische Einbenutzersystem, kann bereits jeden einzelnen Bildpunkt auf seinem Bildschirm einzeln verarbeiten. Damit hat man die Freiheit, sich seine Zeichnung Punkt für Punkt zusammensetzen zu können, ohne

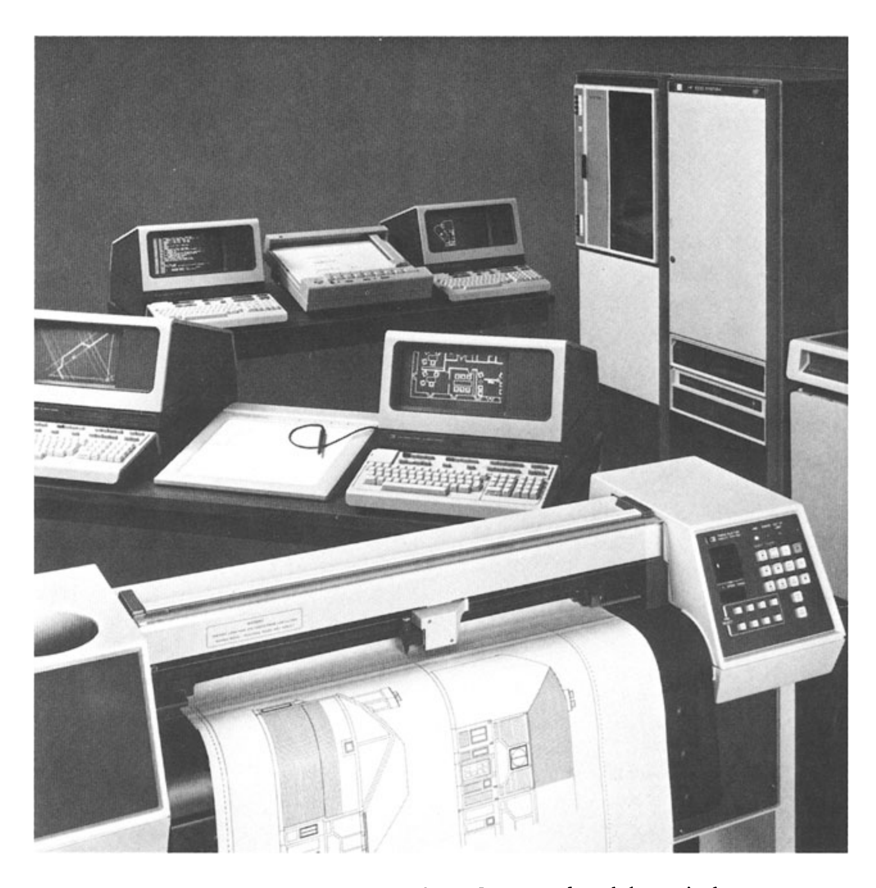


Bild 85: Computer Aided Drafting System: der elektronische Zeichentisch.

sich auf irgendwelche Symbole beschränken zu müssen. Aber wie immer kommt es auf die Anwendung an, was man tatsächlich braucht und dafür muß man dann auch entsprechend zahlen.

Das Zusammensetzen einer Zeichnung Punkt für Punkt zum Ausnutzen der Möglichkeiten auf einem Bildschirm, mag zwar sehr interessant erscheinen, aber wer hat schon die Zeit, Zeichnungen Punkt für Punkt aufzubauen? (Die Zeit der schönen Künste und der Pointillisten gehört bekanntlich ins 19. Jahrhundert.)

Es ist nun die Aufgabe der Grafiksoftware entsprechende Programme oder einfache Funktionen bereitzustellen, um z. B. Geraden, Kreise usw. zu zeichnen. Zum Zeichnen eines Kreises gibt der Benutzer am grafischen Terminal lediglich den Mittel-

punkt und den Radius an (z. B. durch Setzen des Läufers auf dem Bildschirm) und die Grafiksoftware setzt dies in einzelne Punkte um, aus denen der Kreis auf dem Bildschirm zusammengesetzt wird. Entsprechendes gilt auch für das Zeichengerät.

Bild 85 zeigt ein professionelles System mit allem nur denkbaren Komfort als Ersatz für den Zeichentisch. Es können mehrere Benutzer mit mehreren Terminals gleichzeitig an einem Rechner arbeiten. Je nach Ausbaustufe kostet ein solches System um die 150 000 DM. Da Zeichengerät und Drucker einige Zeit zum Erstellen der Ausgabe brauchen, kann man mehrere anschließen, so daß zum Beispiel die Benutzer schon an einer anderen Zeichnung arbeiten können, während die vorherige gerade zu Papier gebracht wird. Es ist auch sinnvoll, sehr komplizierte Zeichnungen über Nacht auf Papier zu bringen, um die Zeit besser zu nutzen.

Um bei Zeichnungen z. B. in der Mechanik wiederholt verwendete Bausteine nicht immer wieder von Neuem eingeben zu müssen, kann man mit diesem System eine Datenbank aus Einzelzeichnungen aufbauen, die dann zum Aufbau ganzer Zeichnungen abgerufen werden kann. Dabei können die Einzelzeichnungen gedreht, verkleinert oder vergrößert in die Gesamtzeichnung eingebracht werden und noch vieles mehr. Ein solches System nennt man ein Computer Aided Drafting System (CADrafting). Es ersetzt nicht nur einen Zeichentisch, sondern gleichzeitig mehrere und bietet den Benutzern viel mehr Komfort als bei der Arbeit mit dem Zeichentisch. Man kann damit rechnen, daß sich ein solches System aufgrund der gesteigerten Produktivität nach bereits 6 Monaten amortisiert hat!

7.1 **Computer Aided Design (CAD)**

Unsere Industriegesellschaft verlangt fast täglich nach neuen Produkten, sei es um den Konsum anzuheizen, wegen verbesserter Fertigungstechnologien oder aus Gründen der Rohstoffverknappung. Ob nun Kaffeemaschine, Auto oder Ölbrenner, Ingenieure müssen die Produkte erst einmal „zusammendenken“, bevor sie gebaut werden. Und zwischen Denken und Produzieren lag schon immer ein weiter Weg. Da gibt es die Möglichkeit, die Gedanken in Form von Zeichnungen auf Papier zu bringen oder auch maßstabgetreue Modelle zu bauen. Da es sich dabei aber um einen Ablauf handelt, der mehrmals durchlaufen wird, bis das Produkt den letzten Schliff hat, ist das Radieren an Zeichnungen, das Neuerstellen von Hand oder das Rumbasteln an Modellen eine langwierige Aufgabe, oft zu langwierig. Ein Com-

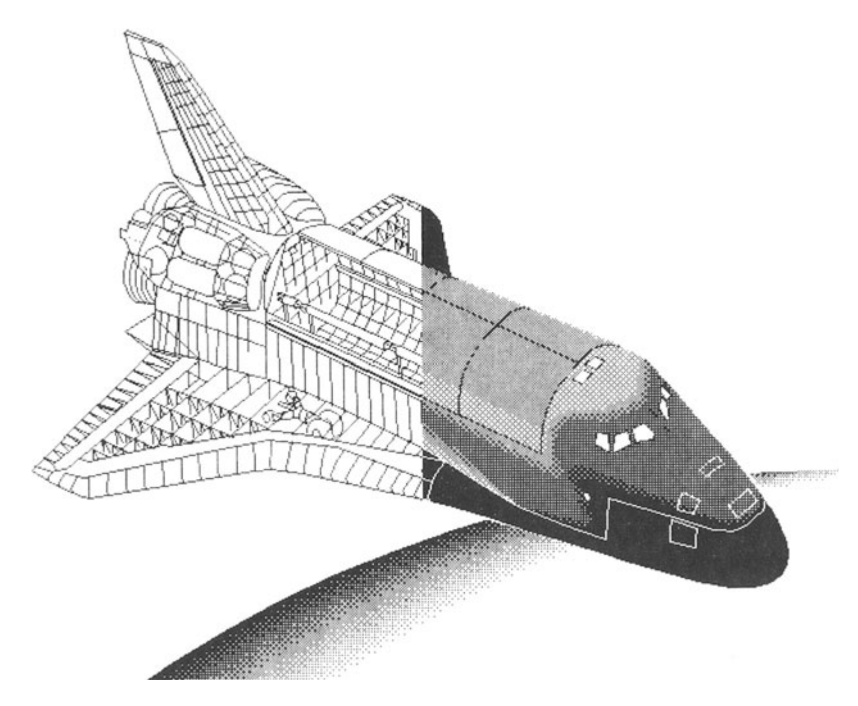


Bild 86: Ausdruck eines Thermodruckers.

puter kann dabei helfen und zwar folgendermaßen. Anstelle von Zeichnungen auf Papier oder anstelle von 3-dimensionalen Modellen wird das zu konstruierende Objekt räumlich auf einem Bildschirm dargestellt. Man kann es drehen, aus verschiedenen Perspektiven betrachten und unmittelbar Veränderungen vornehmen. Das nennt man COMPUTER AIDED DESIGN, was man mit „Computerunterstütztes Entwerfen" übersetzen könnte. Da sich der Begriff CAD schon eingebürgert hat, wollen wir nachfolgend auch dabei bleiben.

Gegenüber dem Computer Aided Drafting bietet CAD noch einiges mehr als den besseren Zeichentisch. Es ist die dritte Dimension und Bewegung. Man kann den Rechner auch dazu verwenden, in das Bild Daten einzubringen, die zu dem räumlich dargestellten Objekt gehören. Bild 86 ist so aus zwei Halbbildern der Raumfähre zusammengesetzt, wobei die linke Hälfte den mechanischen Aufbau zeigt und die rechte die Temperaturverteilung auf der Oberfläche beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre.

Die Verarbeitung von 3-dimenisonalen Objekten im Bereich von CAD verlangt auch bestimmte Typen von Rechnern.

Durch die räumliche Darstellung von Objekten, die bewegt werden sollen, sind intensive Matrizenberechnungen erforderlich. Die bei komplizierten Objekten notwendige Anzahl von Bildpunkten ist sehr groß, einige zehntausend. Für die Matrizenoperationen braucht man eine schnelle Zentraleinheit (Fließkommaprozessor) und für die große Anzahl von Punkten einen großen Hauptspeicher. Wie schon im Kapitel über die interne Darstellung im Rechner mittels bits angedeutet, braucht man entsprechend viele Adressen, was bedeutet, daß man mindestens einen 16-bit-Rechner braucht, besser sogar noch einen 32-bit-Rechner. Wer sich schon ein bißchen in der Branche umgehört hat, weiß auch, daß 32-bit-Rechner bisher ausschließlich recht teure Mehrbenutzersysteme waren, was der Anwendung im Bereich von CAD schon entsprechende Finanzstärke abverlangte. Aber auch da gibt es Mittel und Wege, so zum Beispiel für CAD zugeschnittene Einbenutzersysteme, die die oben genannten Voraussetzungen erfüllen: schnelle Zentraleinheit, große Speicher und die Möglichkeit, einen großen Adressenbereich im Speicher ohne Umrechnen adressieren zu können, also 32-bit-Rechner und das ganze als Einbenutzersystem, also so groß, daß man es bequem auf den Schreibtisch stellen kann.

Das ist mit der in den bisher besprochenen Rechnern angewandten Technologie nicht mehr machbar, weil dafür der Schreibtisch schon sehr groß sein müßte. Man löst dieses Problem im Herstellungsprozeß mit der sogenannten VLSI-Technologie (Very Large Scale Integration), was für „Größtintegration" steht. Dabei werden Integrierte Schaltkreise eingesetzt, wobei jeder 450 000 Transistoren beinhaltet. Die Anwendung dieser VLSI-Technologie auf Hauptspeicher und 32-bit-CPU führt zu einem CAD-Arbeitsplatz wie in Bild 87 gezeigt. Und das ganze noch mit farbigem Bildschirm, eingebauter Magnetplatte sowie Diskettenlaufwerk!

Mit CAD steht dem Entwicklungsingenieur ein modernes Werkzeug zur Verfügung, das den Weg zwischen Idee und Produkt wesentlich verkürzt. Dadurch, daß die das zu entwerfende Produkt beschreibenden Daten bereits im Computer drin sind (nämlich als die Adressen der Bildpunkte), kann man darauf aufsetzen und von diesen Daten solche ableiten, mit denen das Produkt in Simulationen ausgetestet wird, z. B. auf Zug- und Biegebelastungen.

Eine Simulation wird mittels eines Programmes gemacht, das die Daten in der gleichen Weise manipuliert, als ob das existierende Produkt einem Test unterzogen wird. Es gibt bereits für viele mechanische Testverfahren mathematische Modelle, die diese beschreiben. Damit kann man also ein Produkt testen, das ledig-

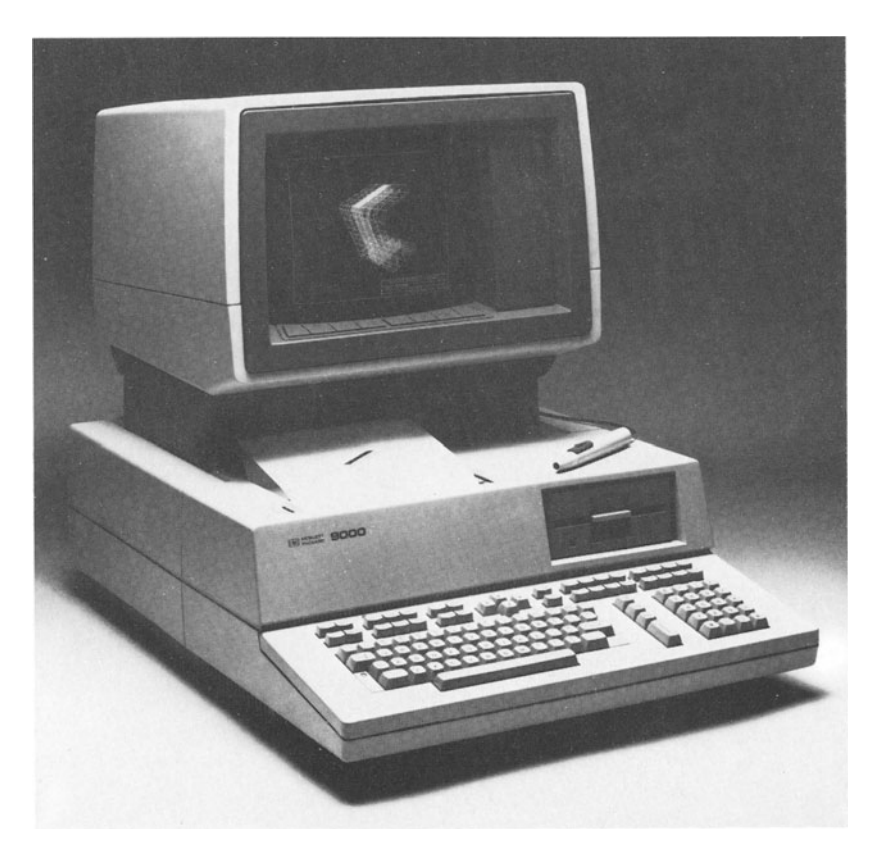


Bild 87: CAD-Arbeitsplatzcomputer.

lich im Speicher eines Computers existiert! Man erkennt bereits, daß CAD weit über das bloße Ersetzen von Papier, Bleistift, Lineal und Zirkel hinausgeht und Tür und Tor eröffnet für neue Produkte, die wir uns bisher nur schwer vorstellen konnten, oder deren Entwicklung so langwierig war, daß das Produkt wirtschaftlich einfach nicht interessant war und somit niemals gebaut wurde.

7.2 Computer Aided Design zur Schaffung künstlicher Welten

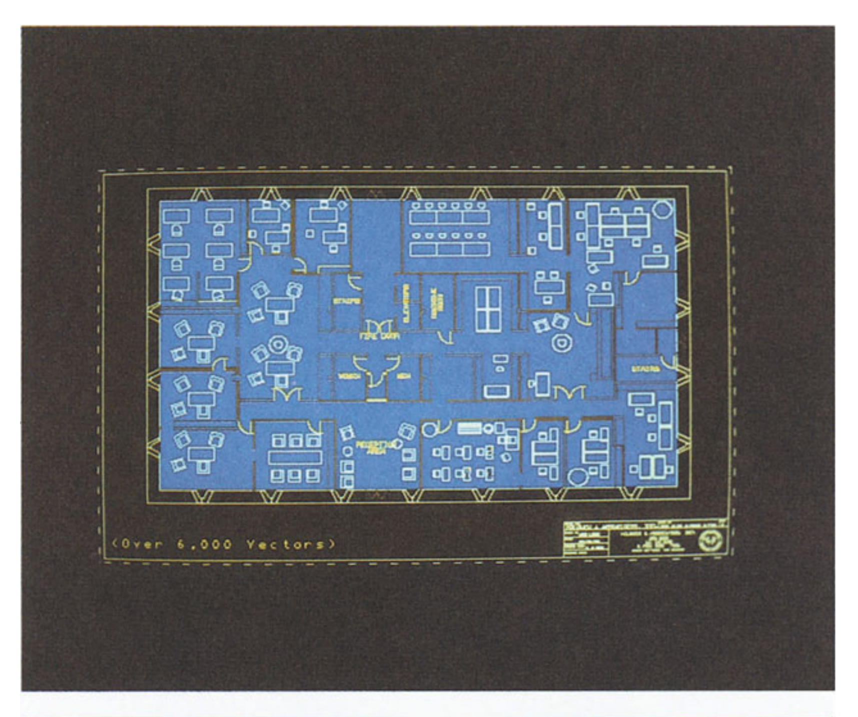
Wenn man schon mit CAD Bilder von Objekten schaffen kann, die noch gar nicht real existieren, kann man auch noch einen Schritt weiter gehen und ganze Welten erzeugen, die zwar vom Auge wahrgenommen werden, aber trotzdem nicht existieren.

Dabei nutzt man einen psychologischen Effekt aus, den es bei Tieren nicht gibt: Der Mensch ist in der Lage, bewußt einen oder mehrere seiner fünf Sinne derart überzubetonen, daß er sich täuschen lassen kann. Nehmen wir das Beispiel Kino: Dort wird ein Film gezeigt, der optische und akustische Signale an die Zuschauer abgibt. Die Zuschauer sind in der Lage, dies bereits als tatsächlich existierende Umwelt zu akzeptieren, wenngleich Geschmacks-, Geruchs- und Tastsinn diese, vom Film erzeugte, Umwelt nicht bestätigen können: Gleitet die Hand nach links, berührt sie nicht das Pferd von John Wayne, sondern das Knie der Nachbarin und dann setzt's was. Wir wollen das jetzt an einem etwas ernsthafteren Beispiel betrachten.

Nehmen wir das Beispiel Flugsimulator. Der Flugschüler sitzt dabei vor drei Bildschirmen, die ihm den Eindruck der sich nähernden Landebahn vermitteln. Im Flugsimulator befinden sich die gleichen Instrumente wie im richtigen Flugzeug. Der Flugschüler bedient Steuerknüppel, Hydrauliksteuerungen usw. Anders als im richtigen Flugzeug aber bedient er damit nicht die Klappen, sondern wirkt auf elektrische Sensoren, die das mechanische Signal in ein elektrisches umwandeln, das an den Computer weitergegeben wird. Der Computer verarbeitet diese Informationen und erzeugt neue Bilder auf den Bildschirmen, die dem optischen Eindruck entsprechen, den der Flugschüler in einem richtigen Flugzeug hätte. Das ganze geht so schnell (50 Bilder pro Sekunde), daß der Eindruck einer stetigen Bewegung entsteht, was mit dem Auge von einer tatsächlich existierenden Umwelt nicht unterschieden werden kann. Mit der oben beschriebenen Sinnestäuschung meint der Flugschüler in einem richtigen Flugzeug zu sitzen, wenngleich er doch nur auf Bildschirme schaut.

Bevor man CAD und Computer hatte, bewegte man eine Kamera über eine Modellandschaft und zeigte das Bild auf einem Bildschirm. Das ganze funktionierte nur mehr schlecht als recht, weil die Kamera eine Massenträgheit hat, die gewisse Beschleunigungen und Bewegungen einfach nicht mitmacht. Außerdem kann man kein sauberes 3-dimensionales Bild erzeugen, denn dafür bräuchte man eine Kugel, in der sich die Kamera bewegt, was wiederum erheblichen technischen Aufwand verlangt. An die kontrastreiche Darstellung verschiedener Farben in einer Modelllandschaft brauchte man erst gar nicht zu denken.

Wir können also unsere Umwelt in Bilder packen, die in einem Rechner gespeichert werden und dann können wir uns gefahrlos in dieser kopierten Umwelt bewegen: Stürzt das „Flugzeug" wegen Fehlleistung ab, ist es halb so schlimm, der Flugschüler muß eben noch kräftig üben. CAD kann uns aber auch helfen,





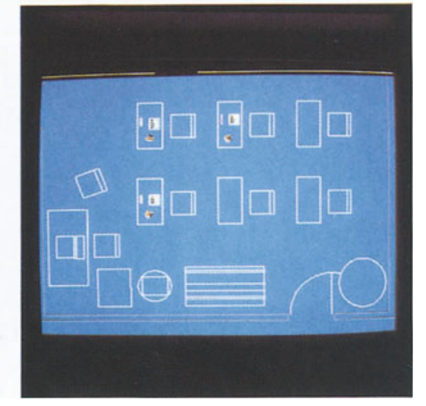


Bild 88: Planung der Raumaufteilung eines Großraumbüros mittels CAD.

zu sehen, ob uns unsere zukünftige Umwelt gefällt, bevor wir sie bauen. Stellen wir uns ein zu bauendes Großraumbüro vor, in dem 200 Menschen arbeiten. Damit sich all diese Menschen vertragen

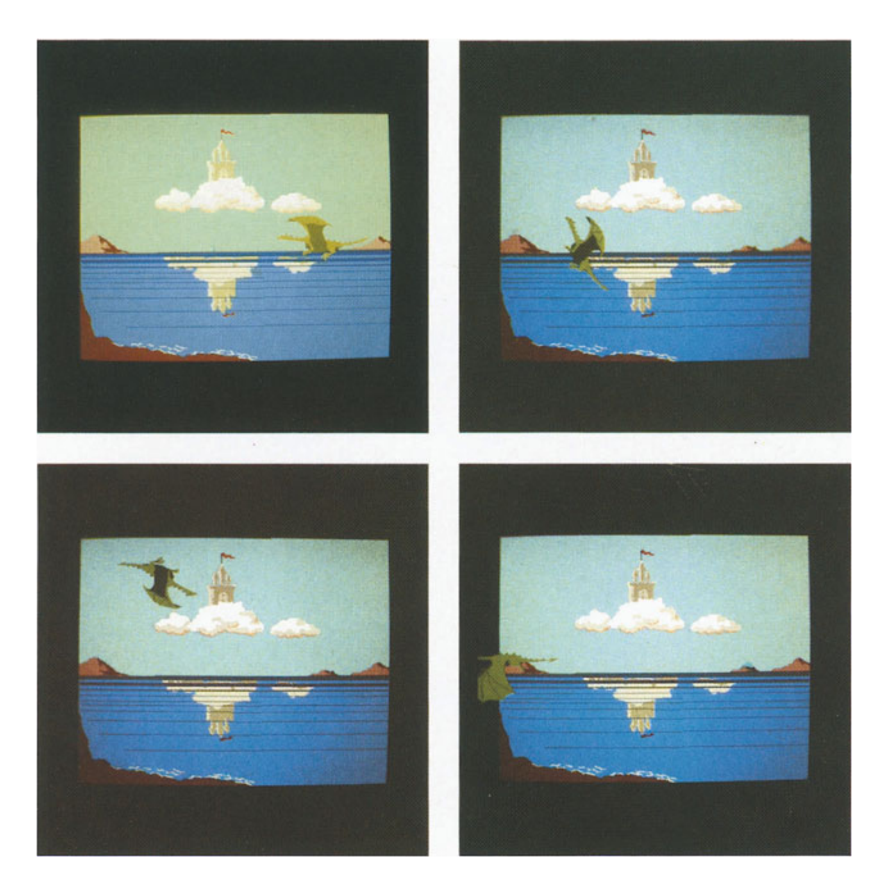


Bild 89: Mit CAD hergestellter Zeichentrickfilm (Ausschnitt).

ist es schon wichtig, daß nicht durch schlechte Gestaltung das ganze nachher wie eine Hühnerintensivzucht aussieht. Man muß also für 200 Personen Schreibtische, Stühle, Stellwände usw. angenehm unterbringen. Steht das ganze aber und muß nachträglich geändert werden, kostet das unnötig Zeit und Geld. Schauen wir uns das einmal mit CAD an (Bild 88) und nehmen dazu ein mehrfarbiges Grafikmaterial mit 32 000 mal 32 000 Bildpunkten (32 000 mal 32 000 ist die Kapazität des grafischen Speichers, auf dem Terminal wird lediglich ein Ausschnitt oder das ganze mit geringerer Auflösung gezeigt). Wie die einzelnen Bilder in Bild 88 zeigen, kann man zoomen (herausvergrößern) um bis an die einzelnen Schreibtische zu kommen. Um für derartig komplizierte Bilder nicht den Computer dauernd zu belasten, hat das hier

verwendete Terminal einen eigenen kleinen Computer eingebaut, der den Grafikspeicher verwaltet und z. B. das Zoomen erledigt. Außerdem ermöglicht er die Wahl zwischen 4000 verschiedenen Farbstufen, was schwerlich mit Tuschezeichnungen nachzuempfinden ist.

Da bunt im allgemeinen „schön“ ist, kann man auch CAD sinnvollerweise zum Vergnügen einsetzen. Und da kann CAD dem Zeichentrickfilm oder den Comic Strips erheblich auf die Beine helfen. Die Bilder 89 zeigen einen Ausschnitt aus einem 1-Minuten-Zeichentrickfilm, in dem ein Drachen auf ein Luftschloß zufliegt.

Dieser Zeichentrickfilm wurde mit demselben Terminal wie die Aufteilung des Großraumbüros erstellt. Hier sind jedoch nur einige Bilder ausschnittweise gezeigt. Im Film selbst folgen die Bilder mit einer Geschwindigkeit von 16 Bildern pro Sekunde, was den Eindruck einer tatsächlichen stetigen Bewegung vermittelt.

Der Drachen selbst wurde nur dreimal mit verschiedenen Flügelstellungen eingegeben. Die Bewegung von rechts nach links und der Looping übers Schloß, wird vom Rechner mittels entsprechender Matrizenoperationen ausgeführt. Würde man diesen Zeichentrickfilm wie zu Anfangszeiten bei Walt Disney von Hand machen, bräuchte man für die 60 Sekunden Film 60 × 16 Bilder, also 960 Bilder. Hier braucht man lediglich 1 Bild für den Hinter-



Bild 90: Grafiktablett zur grafischen Eingabe.

grund, 3 Bilder für den Drachen mit unterschiedlichen Flügelstellungen, ein Programm, das die Flugbahn bestimmt und der Rechner produziert diese 960 Bilder von sich aus. Damit bietet CAD auch handfeste Vorteile für die Trickfilmbranche, was auch tatsächlich schon zur Anwendung kommt. Sich wiederholende Bewegungen wie z. B. die der Beine von Donald Duck, werden nur noch per Computer erstellt. Damit geht es schneller und billiger.

Nun mag das so aussehen, als ginge mit dieser Entwicklung die menschliche Kreativität verloren. Man sollte sich aber im klaren sein, daß CAD nur ein Werkzeug ist, wenn auch ein sehr effektives. Um Donald Duck zum Laufen zu bringen, muß er erst einmal dem Computer eingegeben werden, was eine Handzeichnung verlangt, die man mit einem sogenannten GRAFIKTABLETT (oder auch DIGITIZER) durch überfahren der Konturen mit einer Sonde abtastet (Bild 90). Damit wird der Designer in seiner Kreativität nicht eingeschränkt, im Gegenteil, CAD nimmt ihm seine sich wiederholenden Tätigkeiten ab und kann sogar kreativer sein.

8 Mikroprozessoren

In diesem Buch wurde bereits mehrmals auf die Fortschritte in der Fertigungstechnologie von Integrierten Schaltkreisen hingewiesen. Der Trend, der sich auch noch in Zukunft fortsetzen wird, ist der, immer mehr Transistorfunktionen auf einer gegebenen Fläche von Silizium unterzubringen (z. B. auf 4 Quadratmillimeter). Da sich die Kosten der Herstellung solcher Bausteine lediglich proportional zur verwendeten Siliziumfläche verhalten, bedeutet das, daß immer mehr Computerleistung fürs gleiche Geld zu haben ist. Dreht man die Betrachtung herum und verlangt eine gewisse Computerleistung, so heißt das, daß man diese für immer weniger Geld bekommt. Betrachtet man ausschließlich die Hardware, so ist am unteren Ende der Preisskala der sogenannte MIKROPROZESSOR anzusiedeln. Es ist die mechanisch kompakteste Form eines Computers. Er enthält in einem Integrierten Schaltkreis die Zentraleinheit und, je nach Typ, auch noch den Hauptspeicher (Bild 91). Eine solche Konstruktion brachte 1971 erstmals die ame-

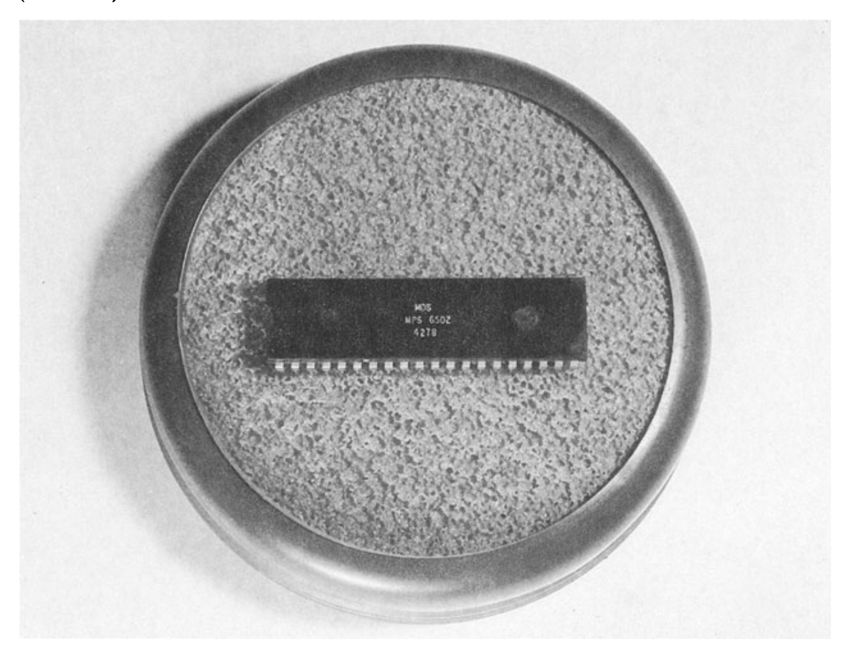


Bild 91: Mikroprozessor.

rikanische Firma Intel zustande. Heute ist daraus eine Industrie geworden, die weltweit Jahresumsätze von einigen Milliarden Dollar verbucht. Warum denn soviel Wind um eine ingenieurtechnische Leistung, wenn auch zugegebenermaßen eine großartige, wenn es sich um doch nichts anderes als um eine kleinere Verpackung der schon länger bekannten Computer handelt?

Das erklärt sich aus drei Aspekten, von denen in diesem Kapitel erst einmal zwei behandelt werden. Der erste bezieht sich auf die allgemeingültige Entwicklungsgeschichte jeglichen Konsumgutes. Noch in den 60er Jahren war Computerleistung teuer und wurde somit auch nur in ausgewählten Anwendungen, die die hohen Investitionen rechtfertigten, eingesetzt. Durch das fortschreitende Verbilligen erreichte man mit dem Mikroprozessor ein Preisniveau, das eine Massenanwendung möglich machte. Damit aber drängt sich der Mikroprozessor in Bereiche, in denen er vorher nicht wirtschaftlich interessant einsetzbar gewesen wäre und verdrängt anderes, so zum Beispiel mechanische und elektromechanische Steuerungen.

Die typische Anwendung des Mikroprozessors ist die in Steuerungs- und Regelungsanwendungen. Das kann die Steuerung einer Kaffee- oder Waschmaschine, eines Mikrowellenherdes oder die Kraftstoffeinspritzung in einem Fahrzeug sein. Er ersetzt also eine mechanische, elektrische oder sogar aus Einzelbausteinen aufgebaute elektronische Steuerung. Der Grund dafür ist ein rein wirtschaftlicher: Man betrachte z. B. das mechanische Schaltwerk einer Waschmaschine. Da dreht ein Elektromotor mehrere Kontaktscheiben, mit denen die Wasserheizung, die Pumpe, verschiedene Ventile und der Motor gesteuert werden. Während nun die Preise für Mikroprozessoren ständig fielen, stiegen die Preise für solche elektromechanischen Schaltwerke, weil erstens teures Kupfer verwendet wird, und weil der Zusammenbau arbeitsintensiv ist. Hinzu kommt, daß die elektromechanische Lösung mechanischem Verschleiß unterliegt und dem Hersteller unnötig weiteres Geld kostet, wenn sie in dem Garantiezeitraum ausfällt. Kurzum ist die technisch bessere Lösung mittels eines Mikroprozessors auch wirtschaftlich interessant geworden.

Neben dem reinen Ersetzen einer elektromechanischen Steuerung kann der Mikroprozessor aber noch mehr. Dazu schauen wir uns einmal genauer an, wie der Mikroprozessor die Waschmaschine zum Laufen bringt.

Kauft man einen Mikroprozessor wie den in Bild 91, ist ja noch gar nichts in bezug auf die Aufgabenstellung getan. Der Mikroprozessor selbst stellt ja Zentraleinheit und eventuell auch Hauptspeicher dar. Wir brauchen also noch Terminal und Massen-

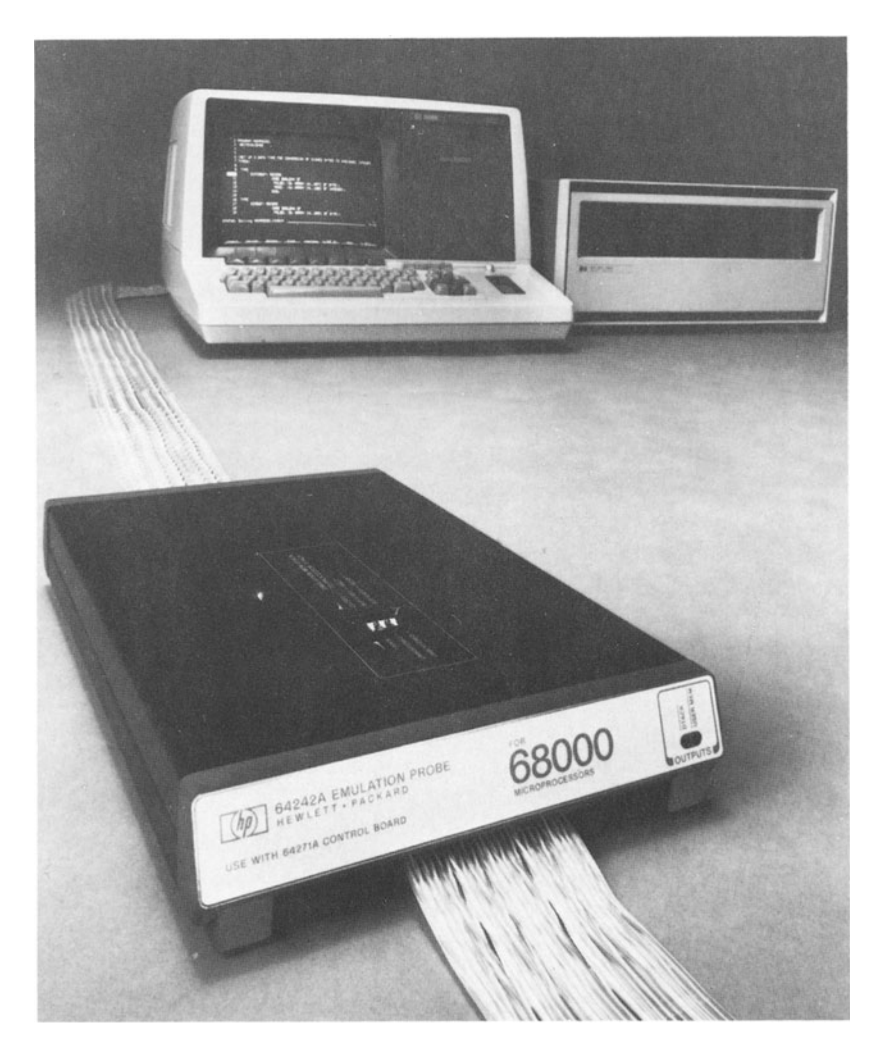


Bild 92: Mikroprozessorentwicklungssystem.

speicher, damit wir ein Programm, nämlich das zur Steuerung der Waschmaschine, schreiben können. Für Mikroprozessoren faßt man Terminal und Massenspeicher, eventuell auch Hauptspeicher, in einem Gerät zusammen, das man das MIKROPROZESSOR-ENTWICKLUNGSSYSTEM nennt (Bild 92). Anders herum ausgedrückt hat ein Mikroprozessorentwicklungssystem alles von einem ausgewachsenen Computersystem, außer Zentraleinheit

und eventuell Hauptspeicher, die von außen in Form eines Mikroprozessors dazukommen.

Mit diesem Mikroprozessorentwicklungssystem schreibt man sein Programm entsprechend der Anwendung. Im Beispiel der Waschmaschine bedeutet das nichts weiter als das Ansteuern der Ausgänge für Wasserheizung, Pumpe usw., und das in einem gewissen Zeitraster. Da man aber neben der Waschmaschine schlecht ein Magnetplattenlaufwerk als Massenspeicher hinstellen kann, der das Programm auch noch nach Abschalten gespeichert hält, gibt es die Möglichkeit, das Programm in einen Integrierten Schaltkreis einzubrennen. „Einzubrennen" ist so zu verstehen, daß durch kurzzeitiges Anlegen von Überspannungen Schaltbahnen im Integrierten Schaltkreis zerstört werden, andere aber bestehen bleiben, womit der Schaltkreis eine Struktur trägt, die einer Information entspricht. Diese Information kann unser Programm zur Steuerung der Waschmaschine sein. Die eingebrannte Information verliert sich verständlicherweise auch nach Abstellen nicht, kann aber auch nicht nachträglich geändert werden. Einen solchen Integrierten Schaltkreis nennt man ein PROM (Programmable Read Only Memory = „programmierbarer nur-lese-Speicher"). Dieses PROM dient dann dem Mikroprozessor je nach Anwendung als Massenspeicher oder als Teil seines Hauptspeichers, womit ihm das einmal entwickelte Programm immer zur Verfügung steht. In Bild 5 wurde bereits ein Gerät zum Brennen von PROMs gezeigt. Das Kopieren von solchen gebrannten PROMs ist einfach und schnell und erlaubt Massenproduktion.

Wir haben also das Paar Mikroprozessor und PROM. Ein und derselbe Typ von Mikroprozessor kann durch verschiedene Programme, also durch verschieden gebrannte PROMs, in verschiedensten Anwendungen zum Zuge kommen. Mit dem Mikroprozessor hat man also ein billiges Steuerungs- und Regelungsgerät, das im Gegensatz zu kaum veränderbaren mechanischen Steuerungen sich so gut wie jeder Anwendung durch seine Programmierbarkeit anpassen läßt. Ändert der Hersteller seine Waschmaschinen (Intervallschleudern, neues super-aprilfrisch-zartes Waschprogramm usw.), so braucht er an der mechanischen Konstruktion seines mit einem Mikroprozessor bestückten Schaltwerkes nichts zu ändern. Es muß lediglich ein anderes Programm erstellt werden und die PROMs werden anders gebrannt. Im Falle des elektromechanischen Schaltwerkes hätte man ein vollständig anderes gebraucht, was mit Anlaufen der Produktion nur in geringen Stückzahlen gebraucht würde und damit entsprechend hohe

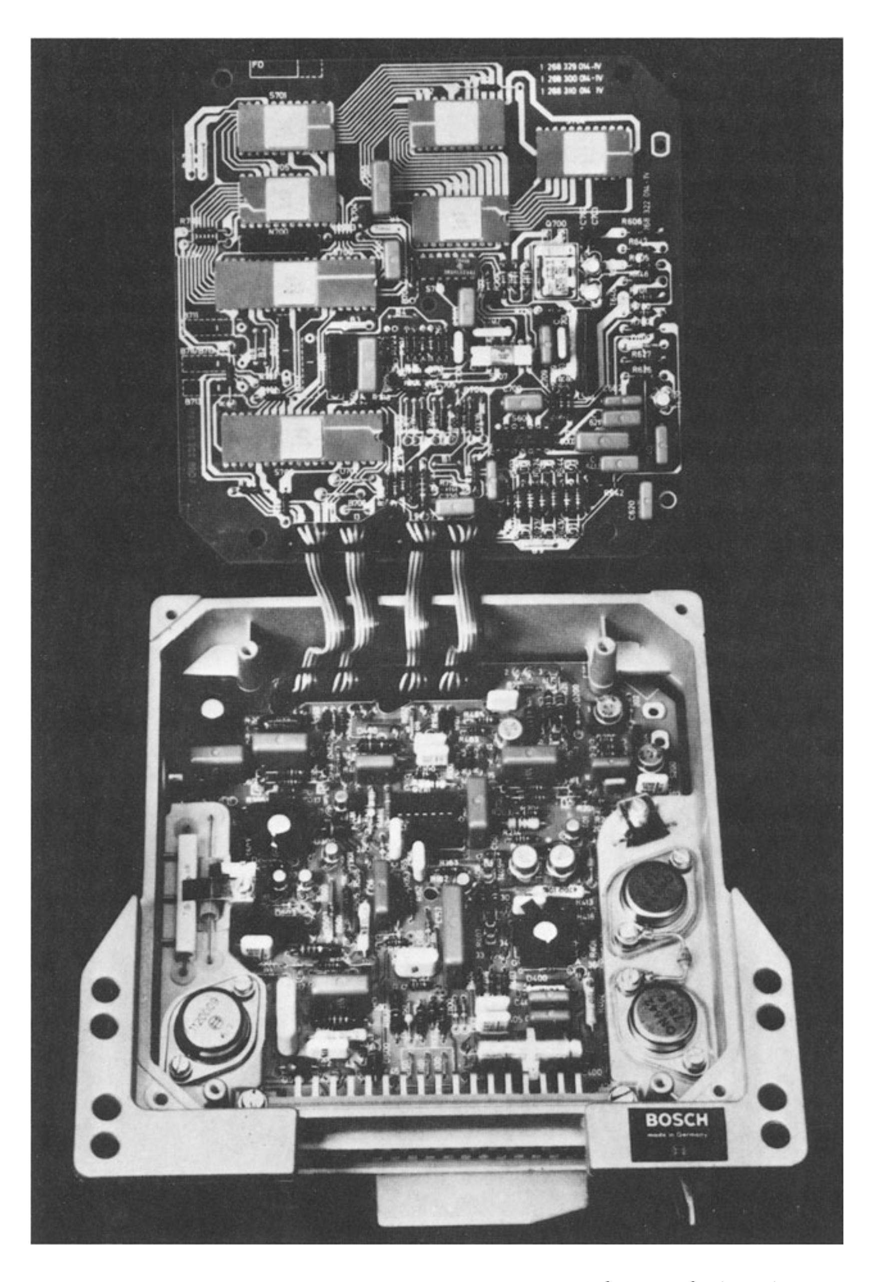


Bild 93: Mikroprozessor zur Steuerung von Zündung und Einspritzung: Resultat: Wartungsfrei, günstiger Abgaswert und 5% Kraftstoffersparnis.

Kosten verursacht hätte. Der Mikroprozessor ist also als Massenprodukt auch wirtschaftlich interessanter als entsprechende elektromechanische Lösungen.

Es gibt auch Bereiche, in denen mechanische Steuerungen lediglich eine mehr schlechte als rechte Lösung darstellen und das Problem erst mit einem Mikroprozessor zufriedenstellend gelöst werden kann. Ein Beispiel dafür ist die Zündanlage in Kraftfahrzeugen mit Benzinmotor. Bisher verwendete man eine Kombination aus Unterdruckverstellung und Fliehkraftregler. Beide aber arbeiten proportional zum vom Motor erzeugten Unterdruck bzw. der Drehzahl. Das Zünddiagramm eines Benzinmotors ist aber eine viel kompliziertere Funktion als eine proportionale zu Unterdruck und Drehzahl. Das bedeutet, daß mit Unterdruckverstellung und Fliehkraftregelung zwar eine Annäherung an das Zünddiagramm in wenigen Punkten möglich ist, aber insgesamt die Zündung mehr falsch als richtig einsetzt, womit einiges an Energie in den Auspuff, anstatt auf die Räder geht.

Hingegen bietet eine Zündanlage mit einem Mikroprozessor die ideale Lösung. Man programmiert das Zünddiagramm in ein PROM und baut das zusammen mit dem Mikroprozessor unter die Motorhaube, womit das Problem bestens gelöst ist.

Nach dem Prinzip „wenn schon denn schon“ kann man auch noch die Benzineinspritzung durch den Mikroprozessor optimieren, womit wir zu einer Steuerelektronik wie der in Bild 93 kommen, die heute bereits im Automobilbau eingesetzt wird. Der Mikroprozessor befindet sich in der linken unteren Ecke der herausgeklappten Platine.

Die Vorteile gegenüber einem herkömmlich ausgerüsteten Fahrzeug: Zündung und Einspritzung sind wartungsfrei, ruhigerer Motorlauf wegen gleichmäßigerer Zündfolge, bessere Abgaswerte und 5% weniger Treibstoffverbrauch.

Selbstverständlich gibt es noch unvorstellbar viele andere Anwendungen für den Mikroprozessor. Offensichtlich ist es sehr einfach, ein vollständiges Computersystem um diesen herumzubauen und das ganze noch preiswert. So findet man den Mikroprozessor heute als das Herz in jedem Heimcomputer, wie z. B. dem schon erwähnten VC 64.

9 Personal Computer (PC)

Wenngleich viele deutsche Übersetzungen für das Wort Personal Computer versucht wurden und versucht werden, so muß es doch im englischen Sinne verstanden werden, also im Sinne von Individual-Computer.

Wenn man bedenkt, daß wir schon zuvor eine Klassifizierung der verschiedenen Computer in vier Gruppen vorgenommen haben und jetzt noch ein weitere Klasse einführen, scheint da irgend etwas nicht aufzugehen. Der Personal Computer ist nun einmal technisch nichts revolutionäres, wohl aber in seiner Bedeutung im Markt. Und das kam so:

IBM als der Alleinherrscher im Marktsegment großer kommerzieller Mehrbenutzersysteme, mit denen man offensichtlich auch am meisten Geld verdienen kann, stellte Anfang 1982 einen Personal Computer vor, der je nach Ausbaustufe zwischen zehn- und zwanzigtausend Mark kostet (Bild 94). Zu kaufen gibt es ihn sogar im Warenhaus. Man kann sich vorstellen, daß die Entscheidung der „Mother Blue“ („Blaue Mutter“ Spitzname für IBM), in einen Markt zu gehen, wo Systeme unter 20 000 DM zu haben sind, Aufsehen erregt hat. Die Folgerung war sofort klar: Wenn IBM da hinein geht, muß Geld drin sein. Eine Marktanalyse sagt für 1987 ein weltweites Umsatzvolumen von 8,4 Millionen Dollar im Marktsegment der PCs voraus!

Ähnliche Systeme gab es schon vorher, wie z. B. den schon besprochenen HP 85 und seine größeren Brüder vom gleichen Hersteller, aber der Zielmarkt war lediglich der der Ingenieure, wenngleich es auch Textverarbeitungspakete und Anschluß an elektrische Schreibmaschinen gibt. Das Problem ist, daß der Ingenieur eben dringend ein solches Gerät brauchte, um Meßinstrumente zu kontrollieren und um Berechnungen auszuführen. Der „Büromensch“ war aber lange Zeit von jeglicher stetigen Entwicklung im Bereich der Informatik abgekoppelt, weil eben im Keller die „Kiste von Mother Blue“ stand.

Im Lauf der weiteren Entwicklung setzte sich die Erkenntnis durch , daß durch entsprechende lokale Intelligenz am Arbeitsplatz der große Computer im Keller entlastet wurde und der „Büromensch“ mit seinem individuellen Computer, der ihm dauernd und allein zur Verfügung steht, produktiver sein kann.



Bild 94: Personal-Computer von IBM.

Personal-Computer sind also nichts anderes als speziell verpackte Computer zu Preisen, die einen großen Kundenkreis durch Massenproduktion erschließen sollen. Aber auf die Verpackung kommt es an! So ist die Bedeutung des Programmierens via z. B. BASIC lediglich zweitrangig. In erster Linie stehen Softwarepakete mit Menüs, die ohne Kenntnis des Betriebssystems bedient werden können: Textverarbeitungspakete, elektronische Karteikästen, grafische Software zum Zeichnen von Balkendiagrammen, Programme zum Berechnen von Einnahmen/Ausgaben, budgetieren usw. Zu alledem braucht der Benutzer nur die auf dem Bildschirm angezeigten Formulare mit Zahlen zu füllen und der Personal Computer errechnet die Ergebnisse oder zeichnet entsprechende Diagramme. Damit ist bereits klar, daß der Zielmarkt nicht nur der Ingenieur ist, sondern tatsächlich jedermann.

Der Preis bei solchen Personal Computern ist selbstverständlich der kritische Punkt. Mit jeder Mark, die man zuviel verlangt, springen wieder einige hundert mögliche Käufer ab oder warten erstmal ab. Man braucht also große Stückzahlen. Das fängt gleich bei der Zentraleinheit an, die nicht von den Herstellern der Personal Computer gebaut werden, sondern vom Marktführer INTEL (wie schon bemerkt, dem Erfinder des Mikroprozessors) oder anderen gekauft wird. Die Zentraleinheit muß klein, lei-

stungsfähig und preiswert sein, was bedeutet, daß ausschließlich der Mikroprozessor in Frage kommt. So kommt es vor, daß Geräte verschiedener Hersteller den gleichen Mikroprozessor verwenden.

Auch die Software muß unter dem Aspekt hoher Stückzahlen und geringen Preises betrachtet werden. Dazu braucht man Datenträger, die zuverlässig und trotzdem preiswert sind. Große Magnetplattten kommen gar nicht in Frage, wohl aber sogenannte Mikrodisketten, die 270 Kilobyte pro Diskette tragen können (die Speicherdichte wird noch erhöht und man kann die Diskette auch auf beiden Seiten benutzen). Die Software selbst sollte auf mehreren Personal Computern verschiedener Hersteller laufen, sonst bekommt das Softwarehaus nicht die notwendigen Stückzahlen und damit nicht die notwendig niedrigen Preise. Schließlich kauft keiner einen Personal Computer für 12 000 DM und gibt nachher für ein Textverarbeitungspaket nochmal 5000 DM aus!

Wie wir aber schon wissen, kann man Programme nur dann zwischen Rechnern verschiedener Bauart austauschen, wenn das Betriebssystem das gleiche ist. IBM hat mit Einführung seines PC's viele anderen kleineren Hersteller veranlaßt das Betriebssystem zu verwenden, das auf dem IBM PC läuft: MS-DOS (eingetragenes Warenzeichen von Microsoft Corporation). Neben MS-DOS existiert schon länger das sogenannte CP/M (eingetragenes Warenzeichen von Digital Research Inc.), das auf Nicht-IBM-PCs weltweit den Zugang zu den meisten Softwarepaketen bietet. Neben diesen beiden Betriebssystemen zeigt sich für die Zunkunft noch ein dritter Kandidat: UNIX (eingetragenes Warenzeichen der Bell Laboratories). UNIX bietet den Vorteil, bereits auf große Computersystemen zu laufen, womit leichter Austausch mit den PCs möglich wird.

Jetzt fragt man sich vielleicht, was macht denn noch den Unterschied zwischen den verschiedenen Herstellern, wenn eh schon alle die gleichen Mikroprozessoren und das gleiche Betriebssystem verwenden? Außerdem sind die Preise auch noch ähnlich. (Vorsicht, oft sind es nur die gleichen Preise bei den kleinsten Ausführungen!)

Das läßt sich wieder mit der Automobilindustrie vergleichen. Schließlich haben auch alle Autos vier Räder und meistens vier Zylinder sowie einen Auspuff, aber!

1. Zuverlässigkeit: Je nach Hersteller gibt es unterschiedliches Wissen und Erfahrung um den Herstellungsprozeß solcher Geräte. Sei es, daß der Hersteller schon solche Geräte unter ande-

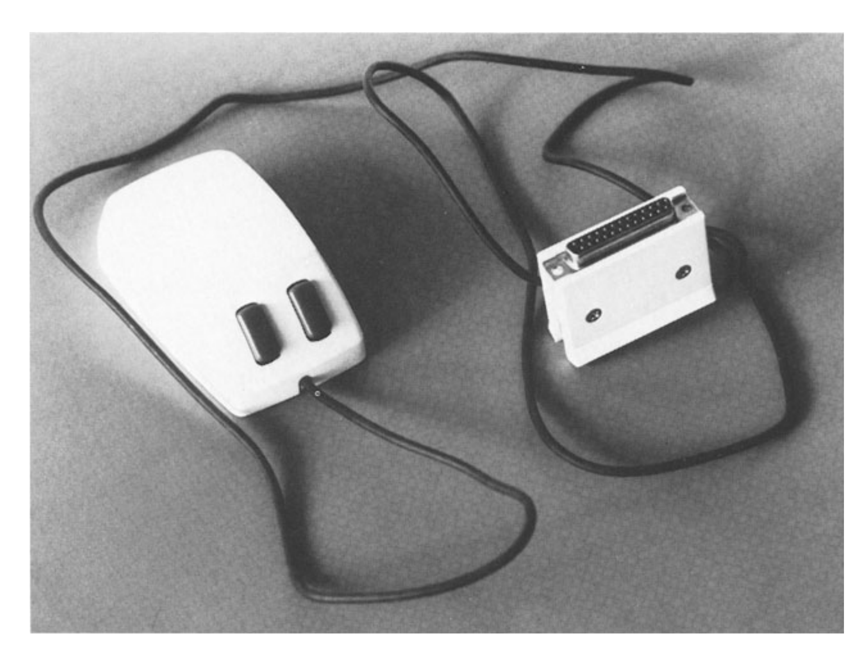


Bild 95: Die sogenannte Maus: Eingabegerät zum Steuern eines Läufers auf dem Bildschirm.

rer Bezeichnung als der des Personal Computers hergestellt hat, oder im elektromechanischen Aufbau ähnliche Geräte wie z. B. Terminals. Das aber kann die Qualität und Zuverlässigkeit nur positiv beeinflussen.

2. Die Bedienungsfreundlichkeit: Man muß sich schon noch etwas einfallen lassen, um den Benutzer auch noch von der abschreckenden Tastatur mit den um die einhundert Tasten zu befreien. Denn jedesmal wenn der Benutzer eine Taste bedient, steht die Chance 1 : 100 eine falsche zu bedienen. Natürlich ist das Unsinn, wenn der Benutzer mit dem Gerät bereits vertraut ist. Aber dahin muß er erst einmal kommen! Da gibt es solch hilfreiche Konstruktionen wie die sogenannte MAUS (Bild 95). Mit der Maus rollt man über den Schreibtisch, diese Bewegung wird in ein elektrisches Signal umgewandelt, was einen Läufer auf dem Bildschirm in allen Richtungen zweidimensional bewegt. Damit schiebt man den Läufer im Menü auf dem Bildschirm dorthin, wo man ihn braucht. Man muß nur die Kaffeebecher auf dem Schreibtisch wegräumen, sonst verursacht die Maus dauernd Überschwemmungen. Aber der Vorteil ist klar: man muß nicht auf der Tastatur suchen.



Bild 96: Personal-Computer mit berührungsempfindlichem Bildschirm.

Es geht auch noch eleganter – in Anpassung an einen natürlichen Reflex: Man nehme zwei Gegenstände und jeden davon in eine Hand. Dann zeige man das einer weiteren Person mit der Bitte, sich für einen der beiden Gegenstände zu entscheiden. Was ist wohl die natürlichste Reaktion? Ganz klar, mit dem Finger draufzeigen. Und genau das ist mit dem in Bild 96 gezeigten Personal Computer verwirklicht. Man bestimmt durch Deuten mit dem Finger auf Symbole auf dem Bildschirm, was der Computer macht! Und wenn man gar nicht mehr weiter weiß, deutet man auf das immer angezeigte Symbol „Help“, was für „Hilfe“ steht, und der Computer zeigt eine Erklärung auf dem Bildschirm an. Alles das ist bereits in dem Rechnergehäuse eingebaut, ohne daß weitere Geräte darum herum aufgebaut werden müssen. Diese Fingerzeig-Eingabe ist sehr bequem und bediensicher, kann aber die Maus nicht in allen Fällen ersetzen, weil man mit der Maus den Läufer genauer auf dem Bildschirm positionieren kann, also mit feiner strukturierten Menüs arbeiten kann. Nichtsdestoweniger kann man bei beiden Geräten den Läufer auch per Tastendruck steuern.

3. Zusätzliche Geräte: Was man alles mit einem Personal Computer machen kann, hängt auch davon ab, was man als zusätzliche Geräte anschließen kann und zu welchem Preis. So gibt es kleine Zeichengeräte, Drucker, weitere Diskettenlaufwerke oder Magnetplatten, usw. Wichtig ist, daß da nicht nur das Kabel paßt, die Software muß diese Geräte auch ansprechen können. Bietet der Hersteller von solchen Personal Computern selbst eine große Auswahl von weiteren Geräten an, so ist das schon sichergestellt. Man sollte auch einen Nutzen darin sehen, daß eventuell weitere Geräte nachträglich im PC eingebaut werden können. Denn was eingebaut ist, verlangt keinen weiteren Kabelsalat, braucht keine weitere Stromversorgung und ist somit leichter und billiger. So läßt sich bei dem in Bild 96 gezeigten Modell nachträglich ein Drucker in die Gehäuseoberseite einsetzen, was mit einem Handgriff vom Benutzer selbst gemacht werden kann.

4. Kommunikation: Mit der zunehmenden Bedeutung von großen Datenbanken, sowie dem Datenaustausch mit anderen Personal Computern, braucht der PC auch seine Schnittstelle zu Großrechnern und Netzwerken, wie z. B. dem ETHERNET ähnlichen. Ein PC, der nur für sich selbst arbeiten kann, mag für den Moment interessant sein, aber vielleicht schon in einem Jahr nicht mehr. Sei es nun der Apotheker oder Grossist, früher oder später ist damit zu rechnen, daß seine Zulieferer Datenbanken anbieten, auf die er mit seinem PC zugreifen können muß.

5. Ergonometrie: Da Große und Kleine, Kurzsichtige und Weitsichtige alle den gleichen PC kaufen, muß dieser dem Benutzer anpaßbar sein. Dazu gehört eine vom PC getrennte, flache Tastatur sowie ein neigbarer Bildschirm und eben alles weitere, was schon zuvor über Ergonometrie gesagt wurde.

6. Geschwindigkeit: Man könnte denken, daß die PC's alle aufgrund gleicher oder ähnlicher Mikroprozessoren gleich schnell ihre Programme ausführen. Selbst für Mikroprozessoren gleichen Typs gibt es unterschiedliche Ausführungen, die je nach Fertigungstechnologie unterschiedlich schnell laufen, wenngleich ihr Aufbau identisch ist. Das sollte insbesondere für rechenintensive oder grafische Anwendungen in Betracht gezogen werden.

7. Saubere Darstellung auf dem Bildschirm. Leider geht immer noch das Gerücht um, daß bei den Bildschirmen „groß“ mit „gut“ gleichzusetzen ist. Viel wichtiger ist, daß das Bild scharf und ruhig auf dem Schirm steht. Das hängt auch davon ab, aus wievielen Bildpunkten ein Buchstabe zusammengesetzt ist. Je weniger, um so besser für den Hersteller, weil billiger zu bauen, aber wegen eines schlecht leserlichen Schriftbildes eben schlecht für den Benutzer.

Man sieht also, daß diese PC's trotz durch den Massenmarkt erzwungene Ähnlichkeiten noch Unterschiede im Detail bieten, weshalb man immer gut vergleichen sollte. Dabei kann man sich den Rat des Fachhändlers holen, wobei man die Ohren spitzen sollte, ob er sich für die Anwendung des Kunden oder seine Verdienstspanne interessiert. Wenngleich auch PCs schon in Supermärkten oder Kaufhäusern angeboten wurden, sollte man vielleicht daran denken, daß auch heute noch die Automobile ausschließlich über den Fachhandel verkauft werden und ein Auto ist sicher nicht weniger kompliziert als ein PC.

Wenngleich der Personal Computer vom technischen her keine Revolution ist, stellt er doch einen Fortschritt dar in Bezug auf das Verhältnis Leistung/Geld und Leistung/Größe. Man muß schon die modernsten Integrierten Schaltungen verwenden, um einen ganzen PC in ein Gehäuse zu drängen, das früher nicht einmal für ein einfaches Terminal gereicht hätte. Die hier gezeigten Personal Computer sind z. B. beides 16-bit-Rechner und verwenden bis über 500 Kilobyte Hauptspeicher.

In der Fortsetzung dieser Entwicklung tut sich bereits ein neuer Zweig der PCs auf, nämlich die portablen. Es handelt sich dabei um batteriebetriebene Geräte, die bequem in einer Aktentasche Platz finden. Bild 97 zeigt ein solches Gerät. Dabei gibt es etwas, was wir schon im kleinsten Maßstab bei unserem Taschenrechner gesehen haben: Die Informationen im Hauptspeicher bleiben auch nach Abschalten erhalten. Aber Vorsicht, wenngleich das Gerät sehr handlich aussieht, so ist es doch ein vollwertiger PC: 16-bit-Rechner, 280 Kilobyte Hauptspeicher, mit einem Massenspeicher in Form der schon genannte Mikrodiskette. Die Anzeige ist ebenfalls grafisch, wobei alphanumerisch 16 Zeilen je 80 Buchstaben dargestellt werden. Wie wir schon wissen, brauchen wir noch MS-DOS, was bereits für immer und ewig im Speicher eingebaut ist, womit auch noch das Laden von der Diskette entfällt. Und man geht noch weiter und baut bereits einige Softwarepakete ein, wie z. B. Textverarbeitung und Planungs- und Budgetierungsprogramme.

Weitere Programme können dann von der Diskette geladen werden.

Daß „klein" nicht unbedingt leistungsschwach bedeutet, hat der letztgezeigte PC wohl am deutlichsten gezeigt (Anders herum ist dabei auch Vorsicht geboten: gerade die kleinen ähneln sich stark und dabei heißt es aufpassen, denn unter ähnlichen Gehäusen können sich sehr leistungsverschiedene Konstruktionen verbergen).



Bild 97: Portabler Personal-Computer

Die Abgrenzung zwischen den portablen PCs und denen, die man auf den Tisch stellen kann, ergibt sich nicht aus der Leistung, sondern vielmehr aus der Anwendung.

Wenngleich die PCs erst am Anfang ihrer Entwicklung stehen, so ist doch zu erkennen, daß ihre Verbreitung als Massenprodukt in den nächsten Jahren sicher ist. Die ‚Großen' der Branche geben enorme Summen für Forschung und Entwicklung aus, was sich in immer leistungsfähigeren Modellen ausdrückt, die dennoch nur so groß sind, daß sie auf dem Schreibtisch Platz finden oder daß man sie sogar überall im Aktenkoffer mitnehmen kann, wie das oben gezeigte Modell.

Dabei stellt sich die Frage der Abgrenzung der PCs bezüglich Leistung und Preis nach oben und nach unten. Mit Betriebssystemen der Zukunft wie UNIX, die Mehrprogrammbetrieb zulassen, ist die Abgrenzung gegenüber Maschinen wie den gezeigten technischen Mehrbenutzersystemen nur noch darin zu sehen, daß der Anschluß für weitere Terminals fehlt. Daß die PCs in diese Leistungsklassen hineinwachsen werden, steht außer Zweifel. Es sollte dabei aber nicht das Wort ‚werden' überlesen werden! Und nach unten? Was unterscheidet einen PC wie den von IBM denn von einem Heimcomputer wie den gezeigten VC 64? Es ist ganz einfach der Unterschied zwischen einem professionellen Arbeitswerkzeug und einem Hobbygerät, was sich in den angebotenen Massenspeichern (Magnetplatte gegenüber sehr einfacher Diskette oder Cassettenrecorder), dem Softwareangebot (professionelle Software auf MS-DOS) sowie der Ausbaubarkeit (Massenspeicher bis über ein halbes Magabyte gegenüber 64 Kilobyte) und Datenkommunikation zu Großrechnern ausdrückt. Das soll nicht heißen, daß der VC 64 ‚weniger taugt' als ein IBM PC. Der VC 64 ist ein Qualitätsprodukt wie der IBM PC. Es wäre allerdings fehl am Platze den VC 64 zur Gehaltsabrechnung in einem Unternehmen mit 10 Angestellten einzusetzen, genauso wie es sinnlos ist, sich einen IBM-PC ausschließlich für Telespiele zu kaufen.

10 Automation

10.1 Industrielle Automation

Automation in der Industrie bietet vielerlei Anwendungen für Computer. Dabei kann man in zwei großen Klassen unterteilen. Erstens die Anwendungen, bei denen der Computer zum Aufbereiten von Informationen für den Menschen eingesetzt wird. Eine typische Anwendung dafür ist die Qualitätssicherung. Die zweite Klasse ist die derjenigen Anwendungen, wo Computer selbstständig einen Prozeß steuern. Dabei kann der Prozeß derart umfassend sein, daß damit die Produktion von Automobilen vom Rohmaterial bis zum Fertigprodukt vollständig gesteuert wird. Der Mensch hat dabei nur noch die Aufgabe den Ablauf zu überwachen und im Falle von Störungen einzugreifen. Dies sei weiter unten am Beispiel des Einsatzes von Meß- und Regelungsprozessoren gezeigt.

Wir betrachten zunächst einmal die Qualitätssicherung. Um nicht im luftleeren Raum zu diskutieren, sei kurz die Definition von Qualität gegeben. QUALITÄT: Gesamtheit von Eigenschaften und Merkmalen von Produkten oder einer Tätigkeit, die sich auf deren Eignung zur Erfüllung gegebener Erfordernisse bezieht.

Qualität ist also wie alles im Leben „relativ“: Genauso wenig wie wir von einer Zahnbürste erwarten, daß sie hundert Jahre hält, genauso können wir von einem Auto erwarten, daß es nicht schon nach 5 Jahren zusammenfällt.

Die Aufgabe der Qualitätssicherung ist es also, die Qualität eines Produktes oder einer Tätigkeit gemäß den gesetzten Erwartungen sicherzustellen. Ob nun mit Computer oder nicht, die Aufgabe besteht darin, für das Überwachen der Qualität wichtige Informationen zu sammeln und zu bearbeiten, um zu einem bezüglich Qualität aussagekräftigen Ergebnis zu kommen. Das Sammeln von Daten alleine ist schon ein Problem. Will man ein Produkt produzieren, das sich aus mehreren Teilen zusammensetzt, hat man im allgemeinen Zulieferer. Und wenn die Qualität des zugelieferten Materials schlecht ist, kann das endgültige Produkt nicht gut sein. Dafür macht man eine Wareneingangsprüfung. Während der Produktion kann man verschiedene Prüfstationen einrichten, um das Produkt in Teilen zu prüfen, bevor es

vollständig zusammengebaut ist. Das ist sinnvoll, denn ein schlechtes Teil nicht weiterzuverwenden ist besser, als es am fertigen Produkt wieder ausbauen zu müssen.

Es gibt also während der Produktion vielerlei Stellen, an denen man sich Daten für die Qualitätssicherung beschaffen kann. Betrachtet man ein Produkt in seiner Entstehungsgeschichte, beginnend mit den Teilen der Zulieferer bis zum fertigen Produkt, so weiß man, daß schlechte Qualität um so teurer wird, je später sie erkannt wird.

Es geht also erst einmal darum, sich in bezug auf die Qualitätssicherung aussagefähige Daten zu besorgen. Dabei können entsprechende Testberichte von Hand angefertigt werden. Insgesamt braucht man möglichst viele Informationen, und je mehr man hat, umso besser. Man kann aber selten so viele Informationen bekommen, wie man gerne hätte, weil die Qualitätssicherung eine zusätzliche Aufgabe für den Mann an der Produktionsstraße oder die Frau am Testgerät ist. Man kann diese Personen nicht mit Arbeit zur Bereitstellung von für die Qualitätssicherung notwendigen Information wesentlich belasten, weil die Produktion bzw. das Abwickeln eines Testes deren vorrangige Aufgabe ist.

Der Interessenkonflikt zwischen Produktion und Qualitätssicherung ist ein wenig überspitzt so auszudrücken: Der Produktionschef will möglichst viel möglichst schnell produzieren, der Leiter der Qualitätssicherung möglichst wenig möglichst gut.

Der Einsatz eines Computersystems kann beiden helfen. Der Leiter der Qualitätssicherung bekommt ein Computersystem, das von speziellen Terminals (Bild 98) an allen möglichen Stellen in der Produktion Daten bekommt und diese Daten mit statistischen Verfahren zu einer grafischen Darstellung aufbereitet. Das Ergebnis sind also die sonst von Hand erstellten Berichte, wie z. B. die sogenannten Qualitätsregelkarten. Diese sind dann vom Leiter der Qualitätssicherung richtig zu interpretieren, um entsprechende Handlungen einzuleiten (Zulieferer wechseln, Verarbeitungsprozeß ändern usw.). Diese interpretierende Aufgabe kann nicht vom Computer wahrgenommen werden, sondern bedarf der Erfahrung des Leiters der Qualitätssicherung.

Somit endet die Aufgabe des Computers beim Erstellen von für die Qualitätssicherung bedeutsamen Berichten. Die Funktion des Computers kann also wie in Bild 99 beschrieben werden.

Es wurde erwähnt, daß spezielle Terminals eingesetzt werden müssen. Man kann sich vorstellen, daß ein Terminal, wie es in einem Büro steht, nicht ausreichend gegen Verschmutzung geschützt ist, um in einer normalen Fabrikumgebung überleben zu können. Außerdem braucht man Tasten, die man auch mit Hand-



Bild 98: Betriebsdatenerfassungs-Terminal.

schuhen bedienen kann und eine Anzeige, die einfach abzulesen ist. Ein ganzer Bildschirm mit 80 Spalten und 24 Zeilen ist viel zu unübersichtlich. Terminals diesen Typs nennt man BETRIEBSDATENERFASSUNGSTERMINALS (Bild 98). Damit können solche Terminals auch mal schnell nebenbei bedient werden, wo-

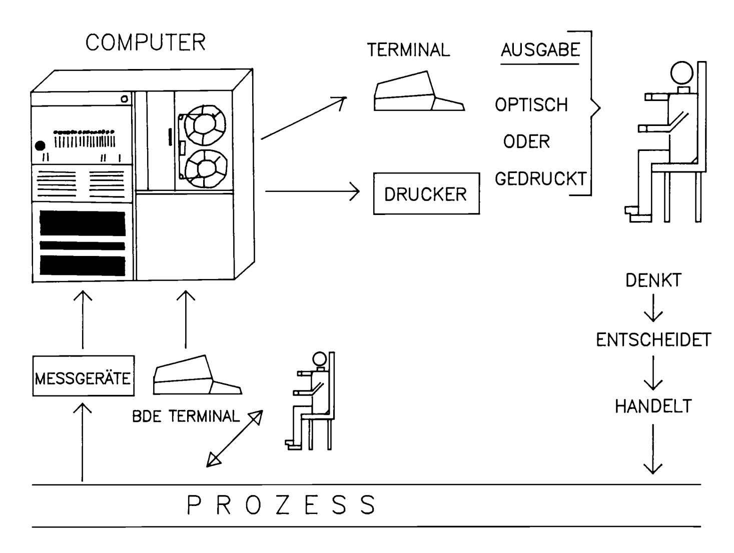


Bild 99: Prinzip des offenen Regelkreises.

mit auch der Produktionschef einverstanden sein kann. Im Bereich der Qualitätssicherung wird der Computer von verstreut angeordneten Terminals mit Daten versorgt. Damit kann der Computer weit weg vom Staub und Dreck in einem sauberen Büro stehen. Anders sieht es hingegen aus, wenn der Computer zum Kontrollieren eines Prozesses eingesetzt wird, wenn er also mittels elektrischer Signale direkt auf den Prozeß einwirkt (Bild 43). Im allgemeinen kommen dabei mehrere Meß- und Regelgeräte zum Einsatz.

Unter MESSEN sei hier das Aufnehmen von Daten verstanden, unter REGELN das Abgeben von Daten. Im Prinzip kann man diese Aufgabenstellung mit dem technischen Mehrbenutzersystem bewältigen, indem man entsprechende Schnittstellenkarten verwendet. Es gibt dabei jedoch einige Probleme. Erstens kommen die Daten von den Meßinstrumenten nicht in einer für den Computer verständlichen Form. Die Signale sind nicht digital, es muß erst gefiltert oder verstärkt werden usw. Zweitens verträgt die Elektronik die Verkabelung mit dicken und schweren Kabeln gar nicht gut. Und drittens kann man ein ganzes Computersystem mit Magnetplatte nicht in dreckiger Umgebung unterbringen. Alles das sind Gründe, den Computer von der harten Industrieumgebung zu trennen. Und das macht man so, daß man entsprechend speziell angepaßte Elektronik zwischen den Computer und den Prozeß bringt. Damit kommt man zu einem Aufbau gemäß Bild 100.

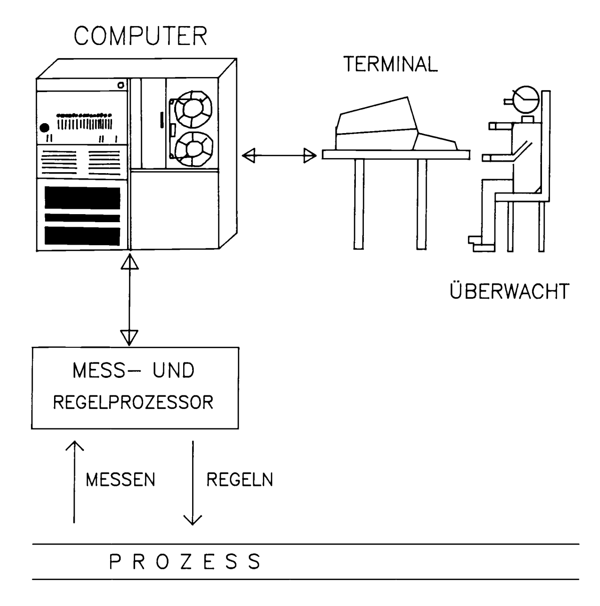


Bild 100: Prinzip des geschlossenen Regelkreises.

Die Meßinstrumente geben ihre Signale an einen sogenannten MESS- und REGELUNGSPROZESSOR, und dieser überträgt die Signale in anderer Richtung wieder an die Regelungsgeräte. Der Computer steht davon entfernt. Im Meß- und Regelungsprozessor werden die ankommenden Signale gefiltert, verstärkt und in digitale Signale umgesetzt. Entsprechend werden auszugebende Signale derart verstärkt, daß diese z. B. direkt Relais betreiben können.

In diesem Prozessor sitzt ein Mikroprozessor, der einfachste Aufgaben gleich vor Ort erledigt, komplizierte Berechnungen aber an den dahinterstehenden Computer weiterschiebt. Die verwendete Schnittstelle ist IEEE 488. Bild 101 zeigt einen solchen Meß- und Regelungsprozessor, der in ein luftdicht abschließendes Gehäuse eingebaut ist. Die Kühlung geschieht allein und einzig durch die große Metalloberfläche des Gehäuses, in dem sich die heiße Luft dreht. Außerdem steht das Gerät auf zwei Sockeln, damit Überschwemmungen bis zu dieser Höhe keinen Schaden an der Elektronik anrichten können. Die Kabel, die nach links weggehen, führen zu großen Schraubklemmen im Gerät, an die auch dicke und schwere Kabel angeschlossen werden können.

Einen solchen Meß- und Regelungsprozessor kann man also direkt an die Produktionsstraße stellen. Das gezeigte Modell

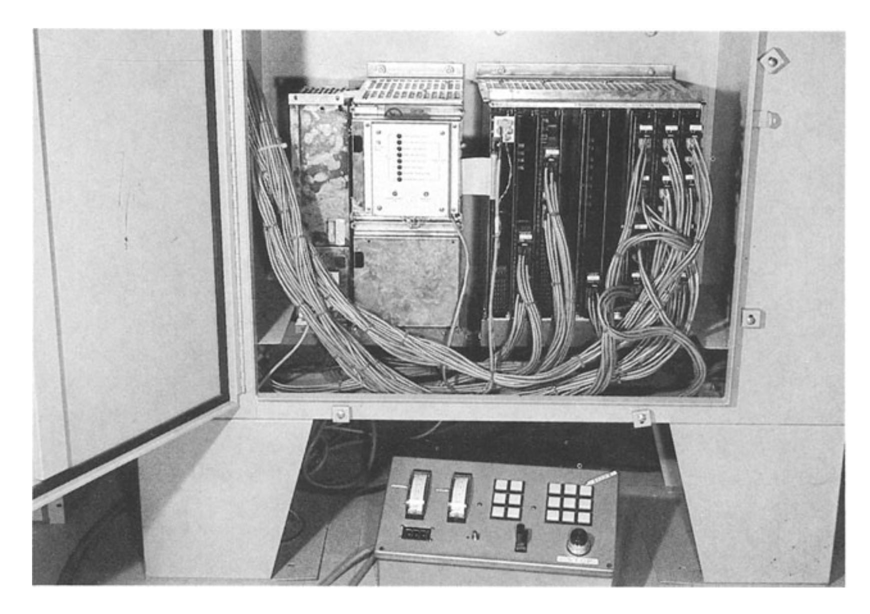


Bild 101: Meß- und Regelungsprozessor in hermetisch dichtem Gehäuse. Die Zubringerkabel führen zu an den Seiten montierten großen Schraubklemmen.

verarbeitet bis zu 512 Kanäle im Echtzeit-Betrieb. Es braucht aber einen Computer zu seiner eigenen Funktion. Da dieser Computer entsprechend weit weg steht und normalerweise mehrerer solcher Meß- und Regelungsprozessoren kontrolliert, braucht man eine Kabelverbindung, die auch in durch elektrische Störungen verseuchter Industrieumgebung noch zuverlässig Informationen übertragen können. Da selbst das bestabgeschirmte Kabel immer nur relativ gut abgeschirmt ist, geht man einen anderen Weg und verwendet Lichtleiter, auch Glasfaserleiter genannt. Die Information wird dabei durch Lichtimpulse transportiert und ist somit vollständig unempfindlich gegenüber elektrischen Störungen. Bild 102 zeigt eine solche Glasfaserverbindung zwischen Computer und Meß- und Regelungsprozessor.

Man sieht also, daß eine Industrieumgebung schon recht spezielle Anforderungen an die Hardware stellt. Aber auch die Software muß angepaßt werden.

Die uns bekannte Programmiersprache BASIC stellt z. B. keinerlei Befehle zur Verfügung, um einen Roboter anzusteuern. Selbstverständlich könnte man die Motoren der Roboter Impuls für Impuls mit jeweils einem Befehl ansteuern. Aber man kann das kaum als effizientes Programmieren bezeichnen. Deshalb gibt es

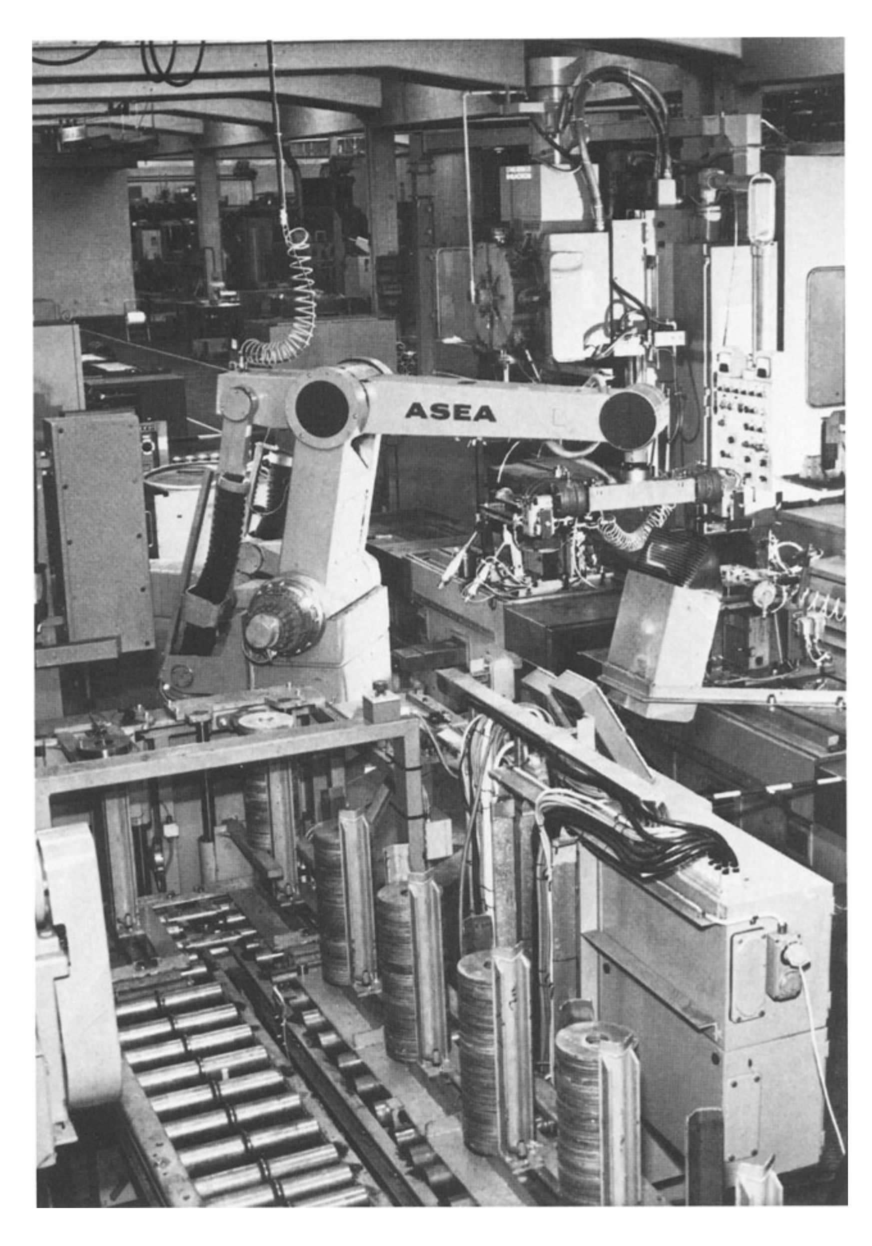
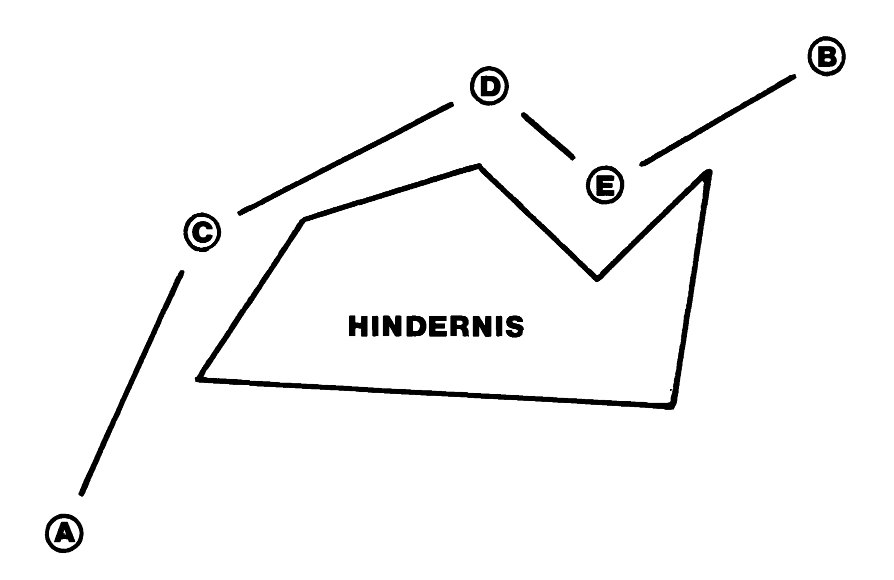


Bild 103: Roboter und ihre Sprachen.

Eine Robotersprache am Beispiel:

Der am Punkt A ruhende Greifer eines Roboters soll sich am Hindernis vorbei zum Punkt B bewegen um dort ein Objekt zu greifen.



Programm:	Erklärung:
Ok ← FALSE	Initialisieren
OPEN Hand TO 10 cm;	Greifer auf 10 cm öffnen
MOVE Arm TO B	von A nach B über Zwischen-
VIA C, D, E	punkte C, D und E bewegen
WITH APPROACH = 15 cm;	von oben annähern
CENTER Arm;	greifen
MOVE Arm TO Arm +	Objekt heben unter der
15 zhat cm	Bedingung, daß das Objekt
ON FORCE (zhat) < =	weniger als 185 Gramm wiegt,
185 gm DO Ok ← TRUE;	Aufgabe beendet

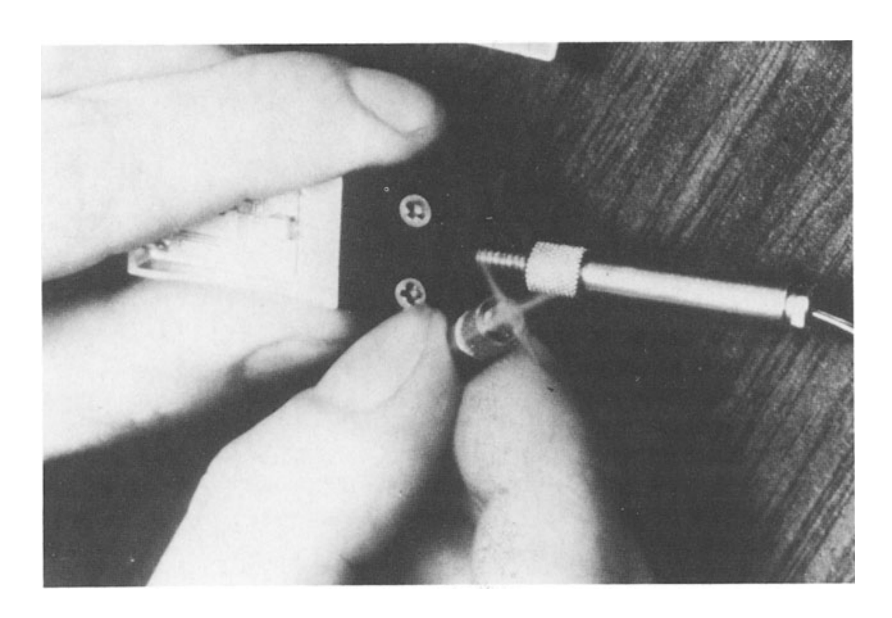


Bild 102: Glasfaser-Verbindung: Licht zur störunempfindlichen Kommunikation für industrielle Anwendungen.

spezielle Programmiersprachen, z. B. um Roboter anzusteuern. Bild 103 zeigt ein solches Beispiel.

Insgesamt bietet die Informatik in Sachen Hardware und Software bereits weitgehende Lösungen zu deren Einsatz in der Industrie an. Es ist wohl ersichtlich, daß die Informatik nicht als Selbstzweck in die Industrie gedrängt wird. Vielmehr ist es möglich, qualitativ bessere Produkte herzustellen, produktiver zu sein und damit zu einem niedrigeren Preis anbieten zu können, insgesamt das, was ein Unternehmen in verschärfter Wettbewerbssituation überleben läßt.

10.2 **Büroautomation**

Die im vorigen Abschnitt beschriebene industrielle Automation war bereits in Teilbereichen vor dem Existieren von Computern ein Thema. Zwar ging es weniger darum, aus Gründen teurer menschlicher Arbeitskraft, diese durch Maschinen zu ersetzen, vielmehr galt es, viele für den Menschen unmögliche, gefährliche oder auf Dauer gesundheitsschädliche Arbeiten von Maschinen erledigen zu lassen. Doch erst durch den Einsatz von Computern ist dies in weitesten Bereichen möglich.

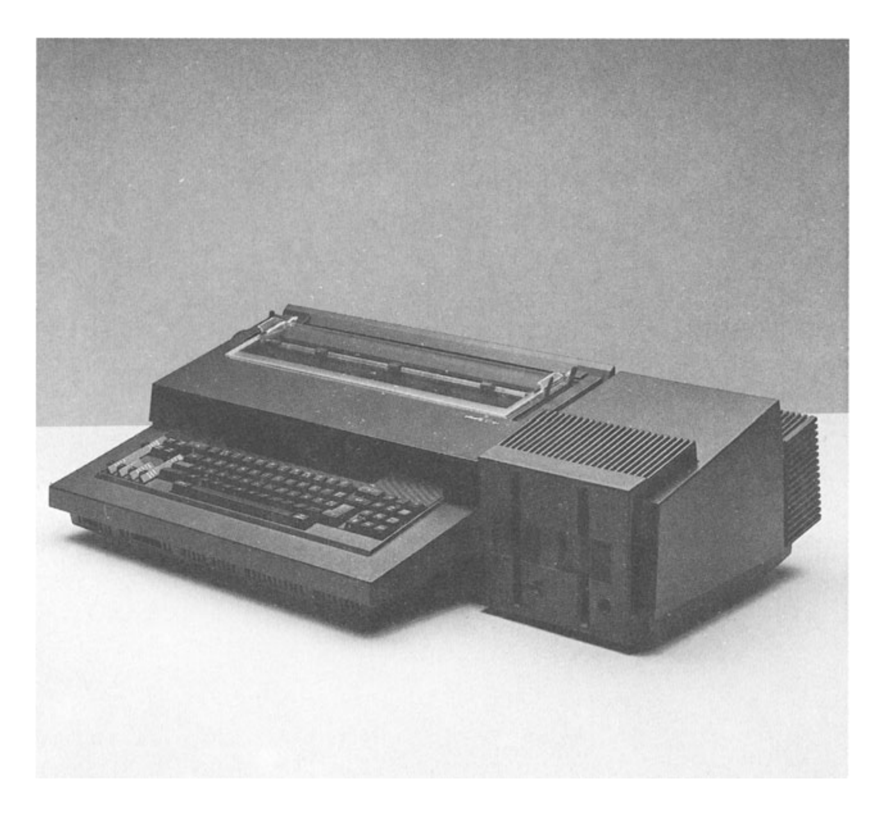


Bild 104: Textautomat.

In zweiter Linie rückt nun mit dem Beginn der achtziger Jahre die Automation auch in die Büros vor, wo offensichtlich keine den Menschen gefährdende Umgebung vorliegt, weshalb es andere Gründe geben muß. Deren gibt es drei.

Als erstes ist auch die Arbeitskraft im Büro teuer geworden und man versucht, so viel Arbeiten wie möglich, insbesondere sich wiederholende, durch Maschinen erledigen zu lassen. Das führte zu elektronischen Schreibmaschinen und Textautomaten (Bild 104). Rechts von der Schreibmaschine erkennt man einen Diskettenspeicher, der als Massenspeicher für den eingebauten Mikroprozessor dient. Gegenüber der klassischen Schreibmaschine ergibt sich als Vorteil, daß der in den Mikroprozessor eingegebene Text gespeichert wird, womit vor Ausdrucken noch Fehler beseitigt und Änderungen gemacht werden können. Außerdem kann man Briefe auf den Disketten abspeichern und praktisch aufbewahren. Kopien brauchen nicht per Fotokopierge-

rät erstellt werden, ein Tastendruck genügt, und die Maschine schreibt ein neues Original. Damit kann man einen Text für mehrere Adressaten verwenden, indem eben nur die für die Adressaten unterschiedlichen Textteile getrennt eingegeben werden. Das erspart unnütze Doppelarbeiten und macht eine Sekretärin deutlich produktiver.

Ein zweiter Punkt ist das Austauschen von Information in einer Büroumgebung. Dafür gibt es Versammlungen, Sitzungen, Workshops usw., um die Kommunikation zwischen den Personen in Gang zu halten. Je nach Unternehmen unterschiedlich werden gewisse „Hackordnungen" erstellt, die die Kommunikation regeln, damit jeder weiß, unter welcher Art von Voranmeldung bei wem und über wen mit wem er reden darf oder muß. Betrachtet man das nicht bösartig bloß als Hackordnung, so hat es den Sinn, daß die Kommunikation geregelt wird, damit für das Ganze bedeutende Informationen ihren Weg finden.

Selbst wenn alle Personen ihr Bestes tun, so geht doch viel Zeit zum Beschaffen der Informationen verloren. Allein schon das Verlassen des eigenen Schreibtisches und das Aufsuchen der Kollegen in einem anderen Stockwerk oder gar einem anderen Gebäude, ist verlorene Zeit. Außerdem verschwendet man oft Zeit, um sich zu der Person durchzufragen, die über die notwenigen Informationen verfügt.

Da sich der Büromensch bereits intensiv des Telefons bedient, liegt es nahe, die elektronische Datenverarbeitung zum Austausch und Transport schriftlich darstellbarer Informationen einzusetzen. Man braucht also Kommunikationsnetze, wie das schon besprochene ETHERNET.

Um zum dritten Punkt zu kommen, setzen wir die Überlegung in Sachen Kommunikation fort. Arbeitet eine Vielzahl von Personen zusammen, so baut man sich normalerweise eine pyramidenartige Struktur auf: Über verschiedene Vorgesetzte nach oben kommt man dann zum Herrn Generaldirektor. Da aber auch der Herr Generaldirektor keinen größeren Kopf hat als seine Angestellten (wohl aber die größere Brieftasche und hoffentlich die größere Erfahrung), kann er sich nicht seine Informationen in allen Einzelheiten von jedem Angestellten besorgen. Dafür sind eben entsprechende Ebenen von Vorgesetzten zwischengeschaltet, die Informationen für „oben" aufbereiten müssen. Aufbereiten heißt, Informationen zusammenzufassen, zu verdichten, zu interpretieren und neue zu erstellen. Bei diesem Informationsfluß geht selbstverständlich viel an einzelnen Informationen verloren. Für die Kommunikation zweier Angestellter in verschiedenen Abteilungen bedeutet das, daß vom ersten die Information nach „oben"

verdichtet wird und an den zweiten von „oben“ wieder herunterkommt, allerdings verdichtet, was vom „zweiten“ ein Interpretieren verlangt. Beim Interpretieren kommt dann etwas heraus, was oft mit der vom ersten erzeugten Information wenig gemein hat. Das sieht alles sehr schlecht aus, aber bei Unternehmen mit mehreren tausend Mitarbeitern geht es nicht anders. (Die Betrachtung ist hier etwas vereinfacht, aber sie läßt sich unmittelbar auf verschieden hohe Managementebenen anwenden.)

Um das zu verbessern, muß ganz einfach die Kommunikation zwischen Angestellten auf gleichem Niveau der Hierarchie ausgebaut werden. Dazu müssen abteilungsübergreifend Informationen jedermann zugänglich sein. Die Konzentration dieser Informationen in verdichteter Form beim Generaldirektor hilft nicht viel, wie wir gesehen haben. Außerdem ist der Austausch von Informationen nicht die vorrangige Aufgabe jedes einzeln, sondern nur Mittel zum Zweck, nämlich um eine Tätigkeit ausführen zu können. Das bedeutet, daß die Kommunikation weitgehends automatisiert sein sollte.

Als Lösung bietet sich dabei das Verbinden von (lokalen) Netzwerken mit Datenbanken an. Dabei werden in einem zentralen Großrechner (wie dem in Bild 49 gezeigten) alle für das Unternehmen bedeutenden Daten gespeichert und stehen den einzelnen Abteilungen auf Abruf zur Verfügung. Die Daten können Informationen über die momentanen Aktivitäten der verschiedenen Abteilungen sein, Daten aus der Produktion, Aktienkurse, Marktanalysen usw. Die Daten sollten selbstverständlich laufend auf den neuesten Stand gebracht werden. Alte Daten müssen gelöscht werden, Daten müssen gesichert werden usw. Es gilt also, nicht nur einen Großrechner zu installieren, man braucht auch einen Stab, der sich um die Pflege der Datenbank kümmert.

Das hört sich alles sehr teuer an. Aber mit dem heute zur Verfügung stehenden Material ist das keine Frage des Preises mehr, sondern der Organisation. Man muß wissen, was für Daten für das Unternehmen bedeutend sind, von wo und von wem diese zu bekommen sind. Das Einbetten einer solchen Datenbank in eine gegebene Organisation ist wohl das schwierigste Problem von allen, wozu man sich dann besser der Hilfe spezialisierter Beratungsunternehmen bedient. Sowohl der schnelle Zugriff auf Informationen als auch das Vermeiden von Doppelarbeit aufgrund mangelnder Kommunikation machen eine solche Investition sicherlich interessant, von den Überstunden zum Erstellen von Papierbergen einmal ganz abgesehen.

Ein derart konsequenter Einsatz von Informatik im Büro ist heute leider noch selten. Das liegt einerseits daran, daß man die

Organisation „seines Ladens" sehr genau kennen muß und mit der Hilfe von qualifizierten Beratungsunternehmen diese auf eine computerunterstützte Lösung anzupassen hat. Andererseits verlangt das auch eine Anpassung der betroffenen Personen. Schließlich entmachtet der Computer in gewissem Umfang die Autorität der Vorgesetzten, weil er eben für jeden gleichermaßen zugänglich ist. Damit kann eine Organisation auch kooperativer und demokratischer werden, was nicht von allen gleich gern gesehen wird.

Fassen wir zusammen: Die Automation im Büro steigert die Produktivität und senkt damit Unkosten. Durch verbesserte Kommunikation wird Doppelarbeit vermieden und Entscheidungen können qualitativ besser getroffen werden. Die Kommunikation Mensch-Mensch wird verbessert und erlaubt dem einzelnen in einem größeren Rahmen selbstverantwortlich zu arbeiten.

11 Künstliche Intelligenz und Kybernetik

Man fragt sich beim Betrachten der beeindruckenden Leistungen moderner Computer, wo denn eigentlich die Grenzen liegen, jetzt und in ferner Zukunft. Und bei solchen Betrachtungen taucht in letzter Zeit immer häufiger der Begriff KÜNSTLICHE INTELLIGENZ auf (engl. AI für Artificiel Intelligence). Der Schritt in diese Richtung erscheint auch von einem gewissen Standpunkt aus folgerichtig. Denn genauso wie die Menschheit gelernt hat, Maschinen als Ersatz für körperliche Arbeit einzusetzen, so kann man ja auch mit den Möglichkeiten der modernen Informatik diese als Ersatz für geistige Arbeit einsetzen. Der Computer wird zur Denkmaschine. Wir brauchen nur noch den Stecker in die Steckdose zu stecken, an einem Terminal die gewünschte Aufgabe eintippen, und die Maschine liefert ein erdachtes Ergebnis. Damit wäre die Denkarbeit von einer oder mehreren Personen ersetzt. Aber da stellt sich auch schon die Frage, was hat man ersetzt, was hat die Maschine gemacht, wenn sie Denkarbeit geleistet hat? Anders kann man auch fragen, was denn Denken überhaupt ist. Und das muß man sich erst einmal bewußt machen.

Betrachten wir dazu folgendes Beispiel: Eine Gruppe von vier Personen ist aufgefordert, ein Problem zu bewältigen und ein Ergebnis gemeinsam zu erarbeiten. Das Problem kann in der Entscheidung über ein Bauvorhaben, den verschiedenen Konstruktionsvorschlägen, der Verwendung des Baumaterials usw. bestehen. Diese vier Personen sitzen also zusammen und reden miteinander. Eine Fülle von Informationen wird von jedermann abgegeben, von anderen akzeptiert, modifiziert oder von der Mehrheit abgelehnt. Nach einer gewissen Zeit kommt man dann zu einem Ergebnis, das allen mehr oder weniger sinnvoll erscheint. Dieses Ergebnis ist nun etwas, was keinem der Personen von Anfang an bekannt war (den Fall, daß von Anfang an einer sagt „so, wie ich das sehe, wird es gemacht und damit basta", wollen wir hier ausschließen). Durch die Neuartigkeit der Information in Form des Ergebnisses muß nun jedes Mitglied der Gruppe seine Überlegungen in bezug auf das vorgeschlagene Ergebnis ansetzen. Da kommen dann Bedenken auf, daß das vorgeschlagene Dach auf dem Haus zwar wärmetechnisch ideal ist, aber nicht in die Umgebung passen könnte, daß die Farbe nicht in die Gegend paßt usw.

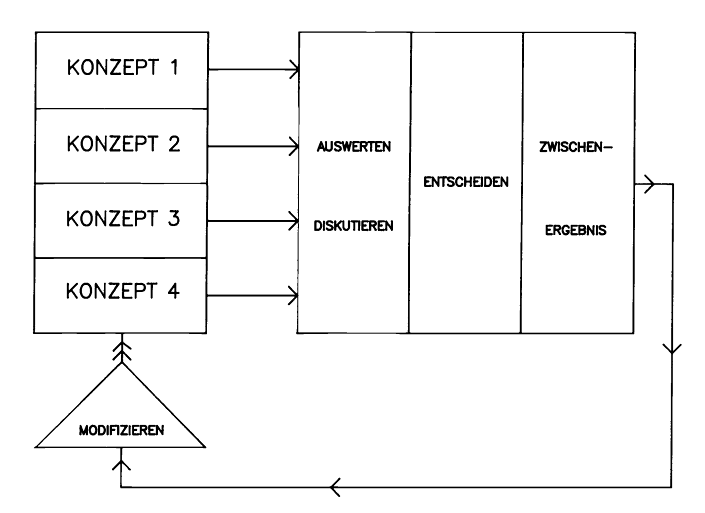


Bild 105: Diskussion.

Also wird das zu betrachtende Ergebnis wieder in die Diskussion eingebracht. Man kommt zu einem Schema gemäß Bild 105. In diesem Kreislauf werden eine Menge Zwischenergebnisse erstellt, wieder in die Diskussion eingebracht, um dann nach einer endlichen Zeitspanne zu entscheiden, daß man dabei bleibt und das letzte Zwischenergebnis zum endgültigen Ergebnis erklärt. Wir werden noch einmal auf dieses Beispiel zurückkommen.

Zuvor betrachten wir aber etwas ganz anderes und zwar einen Computer, der zur Überwachung der Temperatur eines Wasserkessels eingesetzt sei. Zu diesem Zweck baut man in den Kessel mehrere Temperaturfühler ein, schließt diese über Meßinstrumente am Computer an und steuert über ein entsprechendes Regelgerät die Heizung für den Tank (Bild 106). Weiter sei vorausgesetzt, daß der Computer so programmiert ist, daß man ihm eine gewisse Temperatur mittels Terminal eintippen kann und er die Heizung so steuert, daß das Wasser in dem Tank an allen Stellen die gleiche Temperatur annimmt. Füllt man in den Tank kaltes Wasser und setzt den Computer in Gang, so messen alle Temperaturfühler kaltes Wasser und der Computer schaltet die Heizung an. Da das Wasser nicht überall gleichmäßig erwärmt wird, wird irgendwann ein Temperaturfühler eine Temperatur messen, die bereits der gewünschten entspricht. Die drei anderen Fühler aber noch nicht. Läßt der Computer die Heizung weiterhin eingeschaltet, so riskiert man, daß das Wasser zu heiß wird. Es wäre also besser, einen

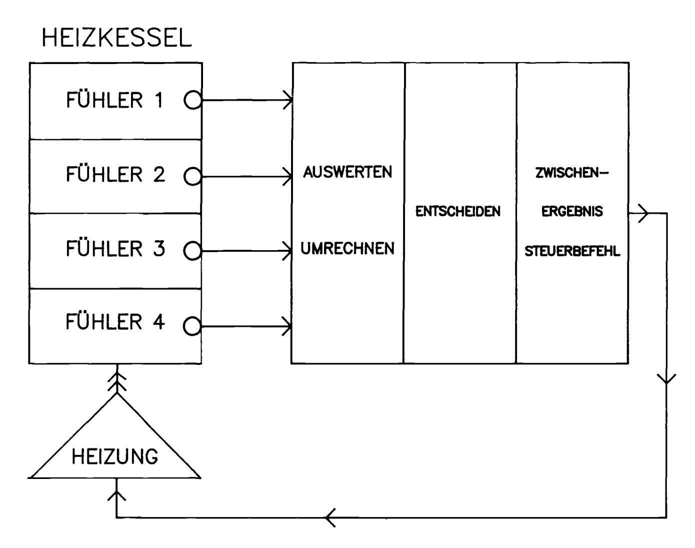


Bild 106: Regeln einer Heizung.

Augenblick zu warten, bis Vermischung eingetreten ist und alle vier Temperaturfühler ähnlichere Temperaturen messen. Wenn es dann immer noch an allen Fühlern zu kalt ist, muß die Heizung eben wieder eingeschaltet werden. Der Computer liefert somit in regelmäßigen Zeitabständen die Temperaturverteilung im Tank, gemessen an vier verschiedenen Stellen. Das kann ganz einfach durch eine Liste ausgegeben werden, die fünf Spalten hat, in denen jeweils die vier Temperaturwerte stehen und dazu die Uhrzeit, wann die vier gemessen wurden. Als Ergebnis will man aber haben, daß an allen Fühlern die gleiche vorgegebene Temperatur anliegt. Also vergleicht der Rechner mittels eines Programmes (z. B. in BASIC) die gemessenen Werte mit dem vorgegebenen. Weichen die vier gemessenen Werte noch zu stark von dem einen vorgegebenen ab, so gibt der Computer an das Regelgerät das Signal, die Heizung wieder einzuschalten. Man bekommt also einen Ablauf gemäß Bild 106. Hier werden viele Zwischenergebnisse in Form der Temperaturverteilung erstellt. Der Prozeß endet dann, wenn eines der Zwischenergebnisse in gewissen Toleranzgrenzen mit dem angestrebten Endergebnis übereinstimmt, was hier bedeutet, daß man innerhalb gewisser Toleranzen an allen vier Meßfühlern die vorgegebene Temperatur erreicht hat. Tritt das ein, so wird das letzte Zwischenergebnis zum Endergebnis erklärt.

Vergleicht man die beiden besprochenen Beispiele und vergleicht das Prinzip (Bilder 105 und 106), so erkennt man Entspre-

chungen. Einmal sind die vier Eingangsgrößen Temperaturen, beim ersten Beispiel waren es Ideen vier verschiedener Personen. Die Diskussion entspricht dem Erstellen der Temperaturverteilung, also beidesmal die Arbeit des Aufbereitens von Informationen. Die Temperaturverteilungen finden ihre Entsprechung in den Konstruktionsvorschlägen. Im Kasten „Auswerten“ wird überprüft, ob man der vorgegebenen Temperatur bereits genügend nahe gekommen ist, bzw. ob der Vorschlag „vernünftig“ ist, d. h. einer von der Gesellschaft gesetzten Norm hinreichend nahe kommt.

Wo steckt nun in den beiden Beispielen das eigentliche Denken?

Es gibt leider keine Begriffsbestimmung für Denken, also müssen wir das nach dem Gefühl bewerten. Am besten sei zuerst einmal festgestellt, was wir nicht mit Denken bezeichnen wollen. Es besteht wohl Einigkeit, daß im Falle des Wasserkessels das Messen der Temperaturen sowie das Erstellen der Liste für die Temperaturverteilung keine Denkarbeit ist. Und genauso ist es nicht als Denkarbeit anzusehen, wenn in der Diskussion Tatsachen zusammengetragen werden, wie etwa die meßbare Wärmedämmung des Hauses, das Ausrichten der Fensterflächen nach Süden, das Auslegen der Heizung usw. Die Denkarbeit in Form von Intelligenz liegt wohl mehr im Kasten „Entscheiden“. Dort wird entschieden, ob das erarbeitete Zwischenergebnis etwas taugt und ob man dabei bleiben oder weiter abändern will. Genauso entscheidet sich dort, ob der Wasserkessel weiter erwärmt oder das Ventil geöffnet wird, damit das heiße Wasser gewünschter Temperatur ausfließen kann.

Wie nun aber entscheiden Menschen, z. B. die vier genannten, die ein Haus bauen wollen? Die Antwort ist einfach: Sie entscheiden unter Berücksichtigung ihres Wissens. Dabei sei unter Wissen nicht nur Fachwissen verstanden. Insgesamt lernt man Wissen mit der Zeit und zwar aus Erfahrungen im täglichen Leben und der speziellen, künstlich geschaffenen Form davon, dem beruflichen Leben. Darüber hinaus besitzt der Mensch auch noch hinreichend Vorstellungskraft, um von anderen vermittelte Erfahrungen als die eigenen, tatsächlich selbst erlebten anzunehmen (Bücher, lernen von Lehrern usw.).

Der Weg führt also von der Intelligenz übers Entscheiden zum Lernen. Das ist eine Ableitung, die uns unbewußt ja schon vertraut ist. Wenn die Mutter ihr fünfjähriges Kind dabei ertappt, daß es sich mit viel Geschrei gerade die Finger an einer Kerze zum ersten Mal verbrannt hat, wird sie sicherlich nicht an seiner Intelligenz zweifeln. Setzt man bei dem Kind volle körperliche Ge-

sundheit voraus und es greift dennoch mit lautem Geschrei dreimal die Woche in die Kerze, so wird sich die Mutter sehr wohl berechtigte Sorgen um die Intelligenz ihres Kindes machen.

Insgesamt kann man die *These* aufstellen, daß INTELLIGENZ GLEICH LERNEN ist! Daß sich der Mensch während seiner Entwicklung vom Baby zum Erwachsenen verschiedener Sinnesorgane und kultureller Hilfsmittel wie z. B. der Sprache bedient, ändert daran nichts.

Mit Lernen sei hier auch der Begriff Lernfähigkeit eingeschlossen. Macht man sich von der in der Industriegesellschaft so tief sitzenden Vorstellung frei, daß Lernen nur in der Schule oder im Beruf möglich ist, so ist die These leicht zu akzeptieren.

Also wollen wir weiterhin über Lernen sprechen. Wer ein Herz für Computer hat, könnte über die Benachteiligung, daß Computer ja nicht wie Menschen lernen können, wahrhaftig in Tränen ausbrechen! Bei der Analyse dieses Problems kommt man auf einen weiteren Punkt, der hier an dem Beispiel des Wasserkessels aufgezeigt werden soll.

Baut man eine solche Heizanlage, so gibt es mehrere Bestandteile: die Meßfühler, der Schalter für die Heizung und der Computer mit seinem Programm. Das Programm selbst kann man in zwei Bereiche zerlegen: Einen Teil, wo die Daten (Temperaturen) eingelesen werden und die Liste mit der Temperaturverteilung erstellt wird. Der zweite Teil ist der, wo entschieden wird, ob weitergeheizt wird oder nicht. Alle diese Bestandteile arbeiten gemäß Bild 106 zusammen, es werden also untereinander Informationen ausgetauscht, anders ausgedrückt, es findet Kommunikation statt. Ein solches Zusammenspiel von Messen, Entscheiden und Regeln nennt man einen REGELKREIS. Solche Regelkreise findet man in Heizungen, Dampfmaschinen usw. Dazu braucht es nicht einmal einen Computer, denn die Entscheidung, ob zuviel Dampf in der Dampfmaschine ist, kann durch ein Ventil getroffen werden, das sich bei einem bestimmten Druck öffnet. Schließlich gab es Dampfmaschinen bevor es Computer gab. Geht man von der Mechanik weg und sucht nach weiteren Anwendungen für das Prinzip in Bild 106, so wird man auch in der Biologie fündig. Beim Menschen tritt anstelle der Meßfühler z. B. der Tastsinn. Nervenenden in den Fingern nehmen die Information auf und leiten sie ans Gehirn weiter. Dort werden die Informationen aufbereitet (Erstellen einer Temperaturverteilung) und es wird entschieden. Also beschränkt sich das Prinzip in Bild 106 nicht auf mechanische Konstruktionen, vielmehr haben sich die Techniker das von der Natur abgeschaut. Die Theorie, die sich mit derartigen Regelkreisen sowie der damit eingebrachten Kommunikation in großer

Allgemeinheit beschäftigt, nennt man die KYBERNETIK. Die beiden oben gezeigten Beispiele zeigten bereits die Grundlagen der Kybernetik.

Tiefergehende Betrachtungen diesbezüglich werden insbesondere in biologischen Anwendungen interessant, was dann bis in den Bereich der Verhaltensforschung hineingeht. Das allerdings ist hier nicht mehr unser Thema. Deshalb wenden wir uns wieder dem nicht weniger interessanten Problem zu, wie ein Computer lernen soll. Den Vorgang des Lernens kann man in zwei Kategorien einteilen: einerseits das Lernen durch Selbsterfahrung (Finger verbrennen, Auto reparieren usw.), andererseits durch das Aufnehmen von Erfahrungen anderer (Bücher, Lehrer). Betrachten wir das Beispiel des Wasserkessels unter dem Gesichtspunkt, daß der Computer dabei etwas *gelernt* haben soll, so können wir das folgendermaßen interpretieren: Der Programmierer schreibt das Programm und weiß zuvor aus eigener Erfahrung oder von anderen, wie er die Regelung machen muß, damit der Kessel richtig aufgeheizt wird (soundsoviel Minuten muß gewartet werden, bis Vermischung eingetreten ist, soundsooft muß die Temperatur an den vier Fühlern abgefragt werden usw.). Diese Informationen werden dem Computer in Form des Programmes mitgeteilt. Indem der Computer das Programm abarbeitet, führt er aus.

Der Programmierer ist also der Lehrer und der Computer lernt!

Mit dem Gelernten kann der Computer mit Programm selbst Entscheidungen treffen (Heizung an- bzw. ausschalten). Läßt man einen solchen Prozeß ablaufen, zeigt dies einer Gruppe von Personen, so werden diese nicht sagen können, ob der Ablauf von einem Menschen oder einem Computer geregelt wurde. Geht man davon aus, daß es einige Intelligenz erfordert, um ein gleichmäßiges Erwärmen eines Heizkessels zu erreichen, kann man sagen, daß der Computer intelligent gehandelt hat, er also mit seinem Programm zusammen intelligent ist.

Aber es scheint doch noch nicht ganz die Intelligenz in dem Umfang zu sein, wie wir sie vom Menschen intuitiv her kennen. Es gibt eben noch die Ungleichheit, daß der Mensch der Lehrer ist und der Computer der Lernende. Gibt es nicht die Möglichkeit, daß der Computer dem Menschen etwas lehrt, was er, der Computer, selbst erarbeitet hat? Wäre das der Fall, so könnte der Computer als Lehrer auftreten und der Mensch als Lernender. Damit wäre Computer und Mensch gleichgestellt in bezug auf Lernen und nach unserer These damit auch gleich intelligent.

Diese große Frage wird durch ein recht aktuelles Beispiel im folgenden Kapitel mit einem klaren JA beantwortet. Tatsäch-

lich ist es aber nicht das einzige Beispiel dafür, daß Computer intelligent sein können. Es gibt bereits eine Wissenschaft, die sich damit beschäftigt, nämlich die der Künstlichen Intelligenz. Abschließend sei dafür die offizielle Begriffsbestimmung gegeben.

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ ist die Fähigkeit eines Computers zu denken, zu bewerten und zu lernen.

Diese Begriffsbestimmung ist etwas aus ingenieurtechnischer Sicht zu sehen, weshalb das „Bewerten“ getrennt aufgeführt ist. „Bewerten“ in dem Sinne, festzustellen, ob z. B. gewisse Werte in vorgegebenen Grenzen liegen, ist immer auf einfache logische Vergleiche rückführbar und sollte nicht zu sehr in bezug auf Intelligenz betont werden. (Vergleiche die schon besprochenen UND-, ODER- und INV-Verknüpfungen in den Anfangskapiteln.)

Ebenso ist die Begriffsbestimmung mit „denken“ recht gefühlsmäßig, weil „denken“ auf anderes zurückzuführen ist, wie wir das hier gesehen haben. Damit kommen wir genau auf die vorher vorgeschlagene Formulierung, daß Intelligenz, sei es künstliche oder menschliche, die Fähigkeit zum Lernen ist. „Lehren“ kann, wenn man die notwendigen didaktischen Fähigkeiten außer Betracht läßt, bedenkenlos in den Begriff „lernen“ eingegliedert werden, sofern man sich der asymmetrischen Beziehung zwischen „Lehrendem“ und „Lernendem“ bewußt ist.

11.1 Der Rubik's-Würfel und seine Entschlüsselung im Computer

Mit dem Aufkommen dieses Spielzeuges wurde ein wahres Fieber entfacht. Und es gibt Leute, die jeden beliebigen Würfel in einigen Sekunden zurückdrehen. Für diejenigen, die es nicht können, bleibt da nur die Bewunderung und der blasse Neid. Es stellt sich natürlich die Frage, ob denn nicht ein Computer mit dem Ding viel schneller fertig werden könnte und wie wohl das Programm dazu aussieht. Prinzipiell kann man einen Computer verwenden und alle möglichen Drehungen programmieren, wobei das Programm in einer Schleife durchlaufen wird, solange bis man zum nichtverdrehten Würfel kommt.

Je nachdem wieviel Drehmöglichkeiten man vorsieht (Schicht vorne drehen um 90° nach links, Mittelschicht drehen, usw.), gibt es schon bei der ersten Drehung eine ganze Menge Möglichkeiten. Um alle Drehmöglichkeiten auszunutzen, kann man sich auf 21 verschiedene Möglichkeiten festlegen. Um den Würfel auf seinen unverdrehten Zustand zurückzuführen, muß man eine endliche Folge von Drehungen ausführen, wobei jede

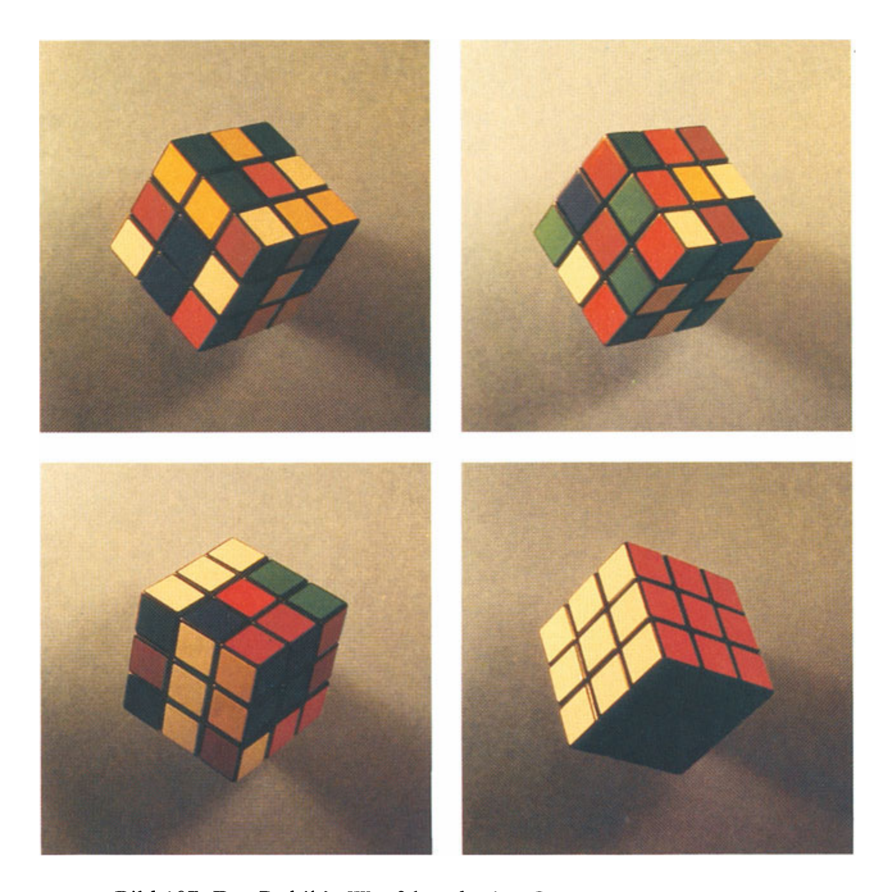


Bild 107: Der Rubik's-Würfel und seine Computer-Lösung.

davon eine der genannten 21 Möglichkeiten ist. Wenn man nicht weiß, wie man zum Ziel kommt, kann man ja probieren. Es gibt also beim ersten Schritt 21 Möglichkeiten, beim zweiten Schritt *jeweils* wieder 21 Möglichkeiten, macht zusammen schon 441, beim dritten Schritt wieder *jeweils* 21 Möglichkeiten, also 9261 usw. Mit bloßem Probieren kommt man von Hand gar nicht weit. Man kann aber die Drehungen auf einem Computer ausführen lassen, wobei der Würfel durch sechs Matrizen, jede mit 3 Spalten und 3 Zeilen, dargestellt wird, entsprechend den sechs Würfelflächen. Mit der Geschwindigkeit des Computers wäre Probieren durchaus denkbar. Wie gesagt, „wäre". Denn nach der fünften Drehung wären schon mehr als 4 Millionen Matrizenberechnungen auszuführen, und mit weiteren Drehungen erreichen wir astronomische

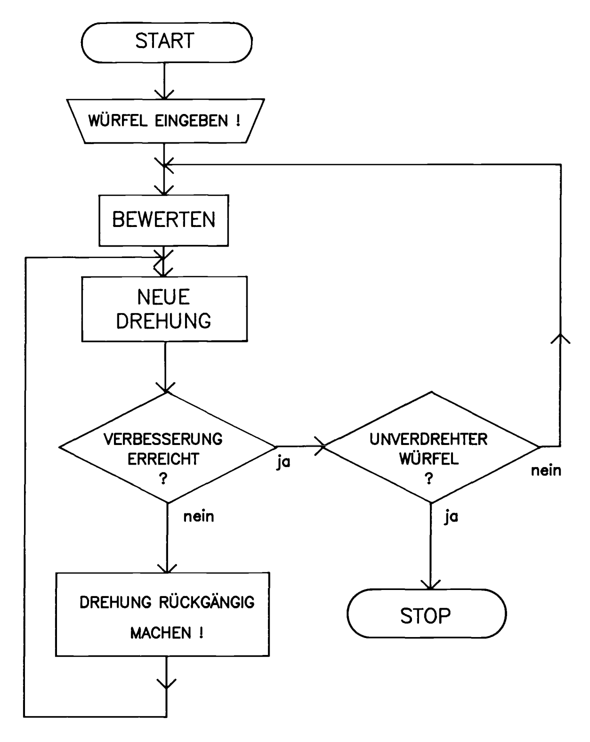


Bild 108: Flußdiagramm zum Rubik's-Würfel.

Zahlen. Das kann selbst der leistungsfähigste Computer der Welt nicht, weil er viel zu lange dafür bräuchte. Schon das Abschätzen der Rechenzeit läßt ein solches Experiment als unsinnig erscheinen. Das bloße Probieren führt also weder per Hand noch per Computer zu einem Ergebnis.

Man kann aber folgendes tun, was auch tatsächlich auf einem Heimcomputer(!), dem schon beschriebenen VC 64, ausgeführt wurde. (Wichtig: Im Folgenden wird von verschiedenen Würfeln gesprochen. Das sei so verstanden, daß es sich um verschieden verdrehte Zustände ein- und desselben mechanischen Objektes handelt!) Wir teilen ganz einfach dem Computer mit einem Programm mit, was eine gute Drehung ist und was nicht. „Gut" im Sinne, daß wir den Würfel möglichst schnell in seinen unverdrehten Zustand bringen wollen. Eine gute Drehung ist z. B. eine, die dazu führt, daß mehr Farben pro Würfelseite mit der Farbe des Mittelelementes übereinstimmen (beim unverdrehten stimmen auf allen 6 Seiten alle 8 Farben mit der Farbe des Mit-

telelementes überein). Damit kann man ein Programm gemäß Bild 108 schreiben. Die 21 möglichen Drehungen pro Schritt müssen einmal programmiert werden und damit weiß der Rechner, wie der Rubik's-Würfel aufgebaut ist.

Man nehme jetzt einen beliebig wild verdrehten Würfel und tippt dessen Daten in den Rechner. Durch $6 \times 9 = 54$ Zahlen zwischen 1 und 6, wobei 1 für Weiß, 2 für Orange usw. steht, kann man einen Würfel vollständig beschreiben. Die 54 Zahlen sind Indizes, wie schon beim Schachbrett. Macht der Rechner eine Drehung, so werden auf den 54 Plätzen die Zahlen 1 bis 6 neu verteilt und zwar entsprechend der neuen Farbverteilung auf dem Würfel.

Gemäß dem Flußdiagramm in Bild 108 funktioniert das so: Der Rechner probiert eine Drehung, danach macht er die Bewertung der probierten Drehung, wie oben beschrieben. Fällt die Bewertung besser aus als die, die zu dem Würfel vor der Drehung gehört, so gibt der Drucker die die Drehung beschreibenden 6 Matrizen aus. Ist die Bewertung schlechter, so wird die probierte Drehung rückgängig gemacht und eine andere versucht.

Damit wird erreicht, daß auf dem Drucker eine Liste von Drehungen entsteht, wobei jede gedruckte Drehung zwangsweise besser ist als die vorherige. In der Weise, wie wir oben „besser" festgelegt haben, bedeutet das, daß mit jeder Drehung ein Element mehr auf dem Würfel mit seinem Mittelelement in der Farbe übereinstimmt. Ohne seine Mittelelemente hat der Würfel aber genau $54 - 6 = 48$ Elemente, womit das ganze Programm nach höchstens 48 Schritten beendet ist. Damit hat man also nach höchstens 48 Schritten den unverdrehten Würfel!

Wie lange dauert das? Gegenüber der vorher beschriebenen Methode des wilden Probierens, stellt sich hier nicht das Problem der astronomisch hohen Anzahl von Matrizenoperationen. Denn von jedem verdrehten Würfel aus werden höchstens 21 verschiedene Möglichkeiten probiert und bewertet. Dann geht man zum nächsten Schritt und probiert wieder höchstens 21 und bewertet. Also hat man pro Schritt nur 21 Matrizenberechnungen auszuführen und nicht wie zuvor erst 21, dann 21×21, dann $21 \times 21 \times 21$ usw.

Selbst im schlechtesten Fall ist man mit 48×21 Matrizenoperationen fertig. Insgesamt dauert das auf einem VC 64 immer noch ein paar Stunden, aber das schadet nichts, der Rechner kann ja nachts alleine laufen.

Die Bewertung funktioniert so, daß jedem Würfel eine ganze Zahl zugeordnet wird, die seine Nähe zum unverdrehten Würfel beschreibt. Damit wird dem unverdrehten Würfel die höchste Zahl zugeordnet. Selbstverständlich gibt es verschiedene

Formeln, eine solche Zahl von einem Würfel abzuleiten. Die Wahl der Formel sei dem Programmierer überlassen.

Haben wir also mit irgendeiner solchen Formel ein solches Programm geschrieben, so geben wir noch die Daten irgendeines Würfels ein und verfolgen nur noch den Ausdruck. Wir haben also dem Computer gelehrt, nach welchen Prinzipien der Rubik's-Würfel arbeitet, und der Computer macht für uns die Arbeit des Drehens auf den unverdrehten Würfel hin. Das Ergebnis ist in Bild 107 gezeigt, wobei sogar noch viel weniger als die für den schlechtesten Fall vorgesehenen 48 Drehungen ausgeführt wurden, nämlich gerade nur 3 Drehungen!

Der Leser sei an dieser Stelle gebeten, das ganze noch einmal zu durchdenken und sein BASIC-Programm dazu auf seinem Heimcomputer zu schreiben – sofern vorhanden, natürlich. Eine Verschnaufpause beim Lesen ist hier jedenfalls fällig.

Diejenigen Leser, die in diesem Kapitel ein Programm für ihren Heimcomputer erwartet haben, muß ich leider vertrösten. Wir wollen auf die Bedeutung des Lernens der Maschine zurückkommen.

Überlegen wir uns noch einmal, was wir getan haben. Jemand hat ein Programm gemäß Bild 108 geschrieben. Dieses hat er dem Computer eingegeben, es ihn also *gelehrt*. Bis dahin haben wir wieder den schon betrachteten Fall, daß der Computer als Lernender auftritt, also die schon erwähnte Ungleichheit zwischen Computer und Mensch. Der Autor muß an dieser Stelle klar zugeben, daß das vorgeschlagene Programm gemäß dem Flußdiagramm in Bild 108 nicht zu dem den Bildern 107 entsprechenden Ergebnis führt, sondern zu dem in Bild 109! (Daß der Text in deutsch ist, ist unerheblich, er wurde im Falle eines Abbruches des Programmes vorgesehen, andernfalls käme lediglich die Meldung „error, program aborted".)

Das Bild 107 ist eine Fälschung, die Fotos sind, in bezug zur Aufnahme, in umgekehrter Reihenfolge abgedruckt. Es geht nun wirklich nicht darum, verehrter Leser, Sie etwa zu „veräppeln", sondern allein darum, zu sehen, was ein Computer – in diesem Fall ein preiswerter Heimcomputer – an Intelligenz zustande bringt.

Was haben wir getan? Wir haben uns eine exakte Methode einfallen lassen, das Rubik's-Würfel-Problem zu lösen. Wir verwenden fünf Stunden darauf, das Programm zu schreiben, wir lehren den Computer, es auszuführen. Und da vertauschen sich plötzlich die Rollen: Der Computer sagt uns, daß unser Programm nichts taugt! Er belehrt uns und das kann er durch den vom Drucker erzeugten Papierausdruck auch noch belegen! Der Computer lehrt uns etwas, was wir nicht gewußt haben. Selbstverständ-

****
PROGRAMM ABGEBROCHEN , IHR VERFAHREN
TAUGT NICHTS !
****

Bild 109: Meldung auf dem Bildschirm.

lich kann man sagen, daß wir bei einer tieferen Analyse des Problems vielleicht zum selben Ergebnis gekommen wären. Das ist aber reine Theorie, denn wäre es dem Menschen möglich, alles sofort bis ins Detail zu kapieren, bräuchte die Wissenschaft nicht Jahrhunderte in ihrer Entwicklung. Wir können es drehen und wenden wie wir wollen, der Computer hat uns etwas beigebracht, was wir zuvor nicht wußten. Es gibt sie also, die Gleichheit zwischen Computer und Mensch in bezug auf Lernen, also gibt es sie, die *künstliche Intelligenz*.

Betrachtet man die künstliche Intelligenz und die Konstruktion eines Computers, bestehend aus Hardware und Software, so stellt man fest, daß sich Intelligenz offensichtlich auf die einfachen, wenn auch sehr zahlreichen und schnellen Funktionsabläufe in einem Computer zurückführen läßt. Solche Funktionsabläufe sind Additionen, *UND*-Verknüpfungen usw. Betrachtet man in dem diskutierten Beispiel das, was der Computer zustande gebracht hat, so empfindet man es als intelligente Leistung. Analysiert man das Programm, so erkennt man im Nachhinein, daß alles das auf einfachen, logischen, vom Menschen nachvollziehbaren Verknüpfungen beruht.

Deshalb gehen nun einige Wissenschaftler im Bereich der künstlichen Intelligenz so weit, daß sie sagen, die Bewertung, ob etwas Geschaffenes eine intelligente Leistung ist oder nicht, liege in der Beziehung zwischen Schaffendem und Beobachter. Wir bewerten die Leistung eines anderen (Mensch oder Maschine) als intelligent, wenn wir nicht oder nur schwerlich in der Lage sind, diese Leistung analytisch zu durchschauen, d. h. in seine elementaren logischen Zusammenhänge zu zerlegen. Wenn wir diese Definition des Bewertens von Intelligenz am alltäglichen Leben überprüfen, so stellen wir fest, daß wir genau in dieser Form Menschen als intelligent oder weniger intelligent bewerten. Führt

der Mathematikprofessor seinen Studenten im ersten Semester einen riesigen Beweis vor, der die analytischen Fähigkeiten der Studenten überfordert, so werden ihn alle als die Koryphäe feiern. Bringt aber der Herr Professor im achten Semester, wo die Studenten solche analytischen Fähigkeiten entwickelt haben sollten, einen Beweis gleicher Kompliziertheit wie im ersten Semester, wird ihn niemand mehr dafür bewundern! Versteht man Intelligenz in dieser Weise, so kann man alles Intelligente auf einfache logische Verknüpfungen zurückführen, wenngleich die Zahl solcher Verknüpfungen dabei sehr groß werden kann. Und diese Verknüpfungen sind dann auch maschinell verarbeitbar, eben mittels eines Computers. Damit stellt sich als wesentliches Problem einer Aufgabe deren Analyse. Wenn ein Mensch eine Aufgabe analysiert, so braucht er dreierlei: Ein gutes Gedächtnis, um alle die Informationen zu behalten, die Fähigkeit, Informationen zu bewerten (d. h. das Wichtige vom Unwichtigen zu trennen) und die Fähigkeit, die analysierten Bestandteile in einer richtigen Reihenfolge zusammenzusetzen. Beim Menschen sind diese Fähigkeiten durch Konstruktion (Erbanlagen) bedingt und durch Lernen ausbaubar. Setzt man diese Überlegung auf den Computer um, so hat man lediglich durch die Fertigungstechnologie und die damit verbundenen Kosten eine Beschränkung in der Konstruktion. Daneben muß man noch entsprechend gute Software entwickeln, um dem Rechner in immer größerem Umfang das Lernen zu ermöglichen.

Alle diese Aspekte sind sicherlich aufregend. Nur sollte man nicht vergessen, wo wir nach dem heutigen Stand der Informatik sind. Wir sind in bezug auf die künstliche Intelligenz noch nicht einmal in den Kinderschuhen. Zur Entwicklung menschlicher Intelligenz bedurfte es Tausende von Jahren! Da Computer die Möglichkeit haben, von uns Menschen zu lernen, haben die Siliziumheinis schon einen Startvorsprung. Hinzu kommt, daß sie so viel schneller sind als wir und eine einmal in Gang gesetzte Entwicklung sehr schnell durchlaufen können. (Die Menschheit neigt eher dazu, in regelmäßigen Abständen unter immer wieder anderen Vorwänden alles kurz und klein zu schlagen, um danach mit Vollbeschäftigung wieder aufbauen zu können, was einer stetigen Entwicklung der Intelligenz sicher nicht förderlich war und ist.)

Aber genau in dem Maße, wie der Mensch erst in der Kommunikation mit anderen Menschen wesentliche Fortschritte in Sachen Intelligenz erzielen konnte, wird auch die künstliche Intelligenz erst dann richtig auf die Beine kommen, wenn Computer von Computer lernen können. Die dazu notwendigen Fähigkeiten der Kommunikation zwischen Rechnern wurden aber erst

in diesem Jahrzehnt in größerem Umfang aufgebaut. Hinzu kommt, daß dabei lediglich Daten zwischen Rechnern, die feste Programme ablaufen lassen, ausgetauscht werden. Vom Lernen zwischen Computern kann da noch nicht die Rede sein. Die Rechner des zwanzigsten Jahrhunderts haben ja auch vorrangig andere Aufgaben zu erfüllen: dem Menschen maschinelle Aufgaben abnehmen, um damit rationeller arbeiten zu können, um billiger produzieren zu können, um damit wiederum der Verknappung der Rohstoffe entgegenzutreten usw.

Was passieren wird, wenn wir den Computer ernsthaft zum intelligenten Partner machen werden, kann man heute noch nicht absehen. Wird die Maschine uns überlegen sein oder nur gleichwertig? Werden wir Menschen diese Intelligenz in unserer Gesellschaft akzeptieren? Werden wir dieser Intelligenz Befugnisse einräumen? Werden wir zum Zwecke des Überlebens der Menschheit womöglich gezwungen sein, diese nichtemotionale Intelligenz zu akzeptieren und uns ihr unterzuordnen?

Alle diese Fragen haben heute noch keine Antwort. Sie sind allerdings ernst zu nehmen, wenn wir berücksichtigen, wie schon heute der Wohlstand der Industriegesellschaften vom technischen Fortschritt abhängt. Die Erfindung des Mikroprozessors hat bereits Außenhandelsbilanzen ins Wanken gebracht, Unternehmen ruiniert und regional Arbeitslosigkeit beschert. Und vergessen wir nicht, es war ein solcher Mikroprozessor, der uns in unserem Beispiel sagte:

„Programm abgebrochen, Ihr Verfahren taugt nichts“.

12 Informatik und Gesellschaft

Die Informatik hat seit ihren Anfängen in den fünfziger Jahren zweifellos beeindruckende Geräte und ebensolche Konzepte hervorgebracht. Nicht alle Konzepte, die dabei zutage gefördert wurden, waren wirklich neu. Logische Verknüpfungen zum Beispiel waren schon den Mathematikern des vorigen Jahrhunderts kein Buch mit sieben Siegeln mehr. Was aber voriges Jahrhundert noch nicht möglich war, war die Konstruktion einer nichtmechanischen Rechenmaschine. Die Elektronenröhre, die man heute noch in Großvaters Radio finden kann, war bereits ein, wenn auch bedingt, taugliches Bauelement für einen Computer. Es sei bemerkt, daß die Funktion einer Elektronenröhre mit der des beschriebenen MOSFETs identisch ist.

So haben Elektronenröhren in Radios bis in die sechziger Jahre hinein gute Arbeit geleistet. Der Unterschied zwischen einem Radio und einem Computer ist aber unter anderem der, daß in einem Radio etwa 7 Röhren eingebaut sind, in einem Computer wie dem ENIAC aber 18 000. Da die Röhren im Vergleich zum Transistor eine Heizung brauchen, war der ENIAC insgesamt ein großer Stromfresser und aufgrund der hohen Wärmebelastung recht störanfällig. Mit der Erfindung des Transistors und mit der Fertigungstechnologie, eine Vielzahl von Transistoren auf einem Kristallplättchen unterbringen zu können, war die Grundlage zur Herstellung komplexer Schaltungen gegeben, die man für Computer braucht. Wenn es eine revolutionäre Entwicklung für die Informatik gab, dann war es diese und man sollte sie gerechterweise dort einordnen, wo sie hingehört, in die physikalische Grundlagenforschung, in die Festkörperphysik.

Betrachtet man die Informatik in Bezug auf die Gesellschaft, so kann man bis heute drei Epochen entdecken. Zwischen Anfang der fünfziger bis Mitte der sechziger Jahre war Informatik in den Augen der Öffentlichkeit ein zweifelhafter Ersatz für mechanische Rechenmaschinen, mit unter Umständen höherer Rechengeschwindigkeit. In den nächsten zehn Jahren stellte man fest, daß immer mehr Unternehmen vorwiegend für kommerzielle Anwendungen große Blechkisten kauften und unter der Bezeichnung „Computer" in klimatisierten Räumen unterbrachten, die mit „Zutritt verboten" gekennzeichnet waren. Der Computer war für die

Allgemeinheit ein genauso unheimliches und kompliziertes Ding wie etwa ein Linearbeschleuniger in der Atomphysik. Nur gab es einen Unterschied zwischen Linearbeschleuniger und Computer: Der Computer wurde nach außen sichtbar. Da kamen plötzlich die Gehaltsabrechnungen auf vom Computer bedruckten Formularen, keine Lohntüte mehr, jeder brauchte sein Konto. Und da stellt man auch fest, daß die persönlichen Daten mit denen tausend anderer in irgendeinem Rechenzentrum gespeichert waren. Spätestens da wurde der breiten Öffentlichkeit bewußt, daß Computer, die riesige Menge von Daten verwalten können, etwas sehr Wertvolles und gegebenenfalls Gefährliches handhaben: Informationen.

Plötzlich kamen Schlagworte wie „Datenschutz“ und „der gelochte Mensch“ in die Diskussion. Dieser dritte Abschnitt ist dadurch zu kennzeichnen, daß Informatik in das Bewußtsein der Öffentlichkeit gerückt ist und über die klimatisierten Keller der Spezialisten hinausgewachsen ist. Wie bei allen Erfindungen kommt nach der grenzenlosen Begeisterung die Ernüchterung, die in der Informatik jedoch nicht wie in der Kernenergie mit einigen Bauruinen teuer bezahlt werden mußte. Es wird auch niemand wegen den mit der Informatik entstandenen Problemen, seinen Taschenrechner in die nächste Mülltonne schmeißen und sich wieder einen Rechenschieber kaufen! Für alle diese Probleme ist auch nicht mit einem geniehaften Einfall zu rechnen, der sie alle vom Tisch fegt.

Es geht vielmehr darum zu verstehen, was die Informatik einerseits für eine demokratische Gesellschaft bedeutet und andererseits für den Einzelnen, der in dieser Gesellschaft zurechtkommen muß. Im Gegensatz zu den Mammutprojekten unseres Jahrhunderts, wie Kernenergie und Raumfahrt, die nur mit riesigen zentralistischen Organisationen bewältigt werden können, hat sich die Informatik gerade mit ihrer neuesten Entwicklung, den Personal Computern, mehr zum Einzelnen hinbewegt, damit dieser von ihr profitieren kann, ohne sich dabei zuvor in riesige Organisationsstrukturen eingliedern zu müssen.

12.1 **Technische Bedeutung**

Bevor man die Gefahren der Informatik diskutiert, sollte man zuerst einmal überlegen, was uns Informatik denn bringt. Erkennt man dabei bereits, daß sie uns nichts oder nur wenig bringt, braucht man auch nicht weiter zu diskutieren.

Betrachten wir zuerst einmal den Bereich, in denen Computer verschiedener Größe andere Geräte ersetzen. Da wird die

Schreibmaschine durch einen Textautomaten und der Vergaser durch eine mikroprozessorgesteuerte Einspritzanlage ersetzt. In beiden Fällen gibt es nur Vorteile. Im ersten Fall fällt routinemäßige Schreibarbeit weitgehend weg, im zweiten Fall sind die Abgaswerte am Auspuff geringer. Natürlich läßt sich mit diesen beiden Beispielen nichts Allgemeingültiges beweisen. Aber in einer freien Marktwirtschaft wird eben das überleben, was besser an seine Aufgabenstellung angepaßt ist, mehr Nutzen bietet und weniger kostet.

Ein Unternehmer, der einen Mikroprozessor in ein Gerät einbauen läßt, das diesem nicht angepaßt ist oder das unter Bedingungen eingesetzt wird, die der Mikroprozessor nicht verträgt, wird mit dem Gerät nur Probleme haben, Verluste machen und es früher oder später aus seinem Sortiment verschwinden lassen müssen. Außerdem sollte jedes Gerät neben seiner Bewertung bezüglich Produktion auch bezüglich seiner Servicefreundlichkeit bewertet werden. Und Servicefreundlichkeit muß in Bezug auf die Anwendung und den Anwender gesehen werden. Daß Autos, zumindest beispielsweise in Deutschland und in der Schweiz, regelmäßig einer Kontrolle unterzogen werden, hat man zum Nutzen der allgemeinen Verkehrssicherheit akzeptiert. Aber man stelle sich einen Hersteller von Bügeleisen vor, der Mikroprozessoren zur Temperaturregelung und Abschaltung einbaut. Es wäre ganz einfach nicht durchsetzbar, daß die Benutzer regelmäßig ihr Bügeleisen zum TÜV (Technischer Überwachungsverein, kontrolliert in der Bundesrepublik Deutschland Personenkraftwagen alle zwei Jahre) bringen, um prüfen zu lassen, ob das Eisen bei Überhitzung noch abschaltet, damit Hausbrände vermieden werden!!

Man kann im allgemeinen feststellen, daß der Einsatz von Computern zum Ersatz anderen Geräts nur dann vollzogen wird, wenn der Benutzer auch keinen Nachteil im Bereich der Servicefreundlichkeit hat. Das heißt, daß schon der Markt, also die Kunden, dem Einsatz der Technik als Selbstzweck oder aus Freude an der Spielerei mit Elektronik einen Riegel vorschieben. Aber auch der Unternehmer muß vor dem Wechsel zum Computer genau rechnen. Seine Reparaturdienste müssen derart modernisiert werden, daß z. B. auch solche mit Mikroprozessoren ausgerüstete Geräte repariert werden können. Wo früher eben ein Voltmeter und die Zange reichte, muß jetzt der Logikanalysator her. (Ein Logikanalysator ist ein erweitertes Oszilloskop, auf dem man die digitalen Signale mehrerer Leitungen gleichzeitig und gespeichert darstellen kann. Damit kann man ganz langsam Schritt für Schritt verfolgen, welches Signal auf welcher Leitung nicht stimmt.) Das ganze verlangt also Investitionen in Material

und Ausbildung, was sich dann durch eine höhere Verdienstspanne wieder zurückverdienen lassen muß.

Wenn Sie, verehrter Leser, Unternehmer sind, müssen sie wohl auch in einem anderem Sinne „auf Draht sein“. Denn, erlaubt der Stand der Technik durch Einsatz von Computern ein Problem besser, d. h. zuverlässiger, wirtschaftlicher oder überhaupt lösen zu können, und schafft das ein Konkurrent zuvor, gibt es wohl das Nachsehen auf dem Markt, der heute weniger und weniger „Schlafmützigkeit“ verzeiht.

Wenn wir den politischen Aspekt beiseite lassen, können wir wohl zugeben, daß eine freie Marktwirtschaft den sinnvollen Einsatz von Computern durchaus selbst regeln kann.

In allen Einsatzbereichen von Kontrollieren und Regeln bietet der Einsatz von Computern, welcher Größe auch immer, den Vorteil des geringeren Energieverbrauches im Vergleich zu anderen Verfahren wie Elektromechanik, Hydropneumatik usw. Da Energiesparen für die Zukunft ein bestimmendes Thema bleiben wird, hat man mit der Elektronik gute Karten. Hinzu kommt, daß durch die geringen Kosten der Mikroprozessoren einer weltweiten Verbreitung nichts im Wege steht. Es ist somit möglich, daß jedes Einfamilienhaus seine Heizungssteuerung mit einem einzigen Mikroprozessor abwickelt, was eine insgesamt Energieersparnis von etwa 5 Prozent ausmacht. Für den einzelnen Besitzer eines Einfamilienhauses vielleicht nicht umwerfend. Man rechne das aber auf den ganzen Bestand von Einfamilienhäusern eines Landes um und setze das in Bezug zur Bilanz der jährlichen Ölimporte; diese „mickrigen“ 5 Prozent erhalten sehr schnell volkswirtschaftliche Bedeutung.

Aber auch in punkto Zuverlässigkeit hat die Elektronik einiges zu bieten. Gegenüber der Mechanik gibt es keine bewegten Teile, also keinen Verschleiß. Gegenüber dem Menschen zeigt sich die Elektronik unermüdlich im wahrsten Sinne des Wortes. Seien es Schranken an Bahnübergängen oder Patienten im Krankenhaus, die Wahrscheinlichkeit, daß der Mensch etwas vergißt ist bedeutend größer als die, daß ein Computer aufgrund eines Fehlers in der Kristallstruktur den Geist aufgibt. Mit gesteigerter Zuverlässigkeit ergeben sich auch Vorteile für die Wartung. Hat man zwei Gerätetypen A und B, wobei A zuverlässiger ist als B (durch Tests ermittelt), so kann man auch die Wartungsintervalle für A größer als die für B festlegen. Damit entstehen dem Benutzer geringere Unterhaltskosten.

Man mag also einsehen, daß die Informatik keineswegs das Allheilmittel fürs Ende des zwanzigsten Jahrhunderts ist, wohl aber vom Material (Silizium) her, also der Hardware, in Verbin-

dung mit der Software, Lösungen ermöglicht, die auf traditionellem Wege, z. B. mechanisch, nur unvollständig oder gar nicht machbar sind. Ein Verzicht auf die Informatik wäre – wenn Sie mir den Vergleich erlauben – mit dem Verzicht auf den Einsatz von Feuer zu vergleichen – nur weil man sich daran auch die Finger verbrennen kann!

12.2 Probleme für den Einzelnen

Es gibt viele Beispiele von Errungenschaften der letzten Jahre, die erst durch den Einsatz von Computern möglich wurden, wie z. B. die Raumfahrt. Sicherlich ist das noch kein Grund, diese Errungenschaften in den „Himmel zu heben". Betrachtet man aber die für den Einzelnen traurige Realität, daß der Computer im Sinne von Kostenersparnis und Rationalisierung schon etliche Arbeitsplätze zunichte gemacht hat, kommt man schnell wieder mit den Füßen auf die Erde. Man muß sich über die „Aggression" der Informatik gegenüber dem Einzelnen im klaren sein. Von den vom Menschen angewandten Formen der Aggression gegen seine Artgenossen durch Mißbrauch von Informationen, Manipulieren von Daten, Weitergabe an Gruppen, die diese Daten mißbrauchen usw. sei hier ganz abgesehen. Das sind Taten, die der Mensch auch ohne Computer zustande bringt. Der Computer macht aufgrund der Konzentration und des schnellen Zugriffs auf eine Unmenge von Daten diesen Mißbrauch lediglich einfacher. Neu hingegen sind solche Aspekte, die sich aus der Veränderung der Gesellschaft durch die Informatik ergeben. So gehen offensichtlich Arbeitsplätze durch den Einsatz der Informatik verloren. Wenn aber Maschinen wie Computer Arbeitslosigkeit produzieren, sollte man sie nicht besser einstampfen? Maschinenstürmerei wie im 19. Jahrhundert?

Nun wissen wir heute, daß die Maschinenstürmer des 19. Jahrhunderts auch nicht den mechanischen Webstuhl verhindert haben. Zum anderen ist der Vergleich nicht treffend: Betrachten wir die Entwicklung des Bedarfs an Arbeitskräften seit dem Anfang der Industrialisierung. Je weiter sich die Industriegesellschaften entwickelt haben, umso mehr neue Produkte haben sie erzeugt. Trotz fortschreitender Mechanisierung der Produktion nahm der Bedarf an Arbeitskräften ständig zu, weil modernere Geräte gleichbedeutend waren mit aus mehr Einzelteilen zusammengesetzten Produkten. Fortschritt bedeutete immer kompliziertere mechanische oder elektromechanische Konstruktionen, womit automatisch mehr und mehr Arbeitskräfte zum Zusammen-



Bild 110: Halbleiterfabrik.

setzen gebraucht wurden. Diese Entwicklung setzt sich aber im Bereich der Elektronik nicht fort. Im Gegenteil, kompliziertere elektronische Bauteile werden nicht aus immer mehr Einzelteilen zusammengebaut, sondern kommen in höchstintegrierten Schal-

tungen gleich aus einer einzigen Stanze (vergleiche die zuvor erwähnte VLSI-Technologie, die bereits eine ganze Zentraleinheit auf einem Integrierten Schaltkreis zusammenfassen kann oder einen Speicherbaustein aus 450 000 Transistoren ermöglicht). Würde man es anders versuchen, gäbe es schlichtweg keinen Kunden, der einen Arbeitsplatzcomputer wie den in Bild 87 gezeigten bezahlen wollte oder könnte.

Die Herstellungsverfahren der „Bausteine", die man für die Informatik braucht, sind eben vom Material und den winzig feinen Strukturen bereits derart vorgegeben, daß ein Zerlegen in einzelne, handbearbeitbare Schritte überhaupt nicht möglich ist. Die in Bild 110 gezeigte Fabrik für Integrierte Schaltungen läßt sich in einem größeren Appartement unterbringen und spricht wohl Bände, wenn man sie gedanklich mit z. B. einer Stahlschmiede vergleicht.

Betrachtet man das Angebot des Arbeitsmarktes über alle Bereiche hinweg und bedenkt, daß mit dem von der Informatik bereitgestellten Material anderes ersetzt wird, muß man offensichtlich zugeben, daß die Informatik einen Angriff gegen den einzelnen Arbeitsplatz darstellt, ausgenommen, man arbeitet in der Informatik. Selbst wenn der persönliche Arbeitsplatz überflüssig wird, im Büro oder in der Fabrik, heißt das noch lange nicht, daß es keinen Ersatz gibt. Schweißroboter müssen programmiert werden, für Textautomaten müssen vor der Verarbeitung die Texte erst einmal geschaffen werden usw. Insgesamt ergibt sich wohl in der Tat die Folgerung: „Vogel friß oder stirb", also anpassen oder aussteigen. Das kann für den Einzelnen schon zum ernsthaften Problem werden, wenn er jahrelang routinemäßig gearbeitet und mehr oder weniger die Fähigkeit zum Dazulernen verloren hat. Um diesen Übergang zu schaffen, braucht der Einzelne zuerst einmal den Willen dazu. Die Politik muß den Rahmen schaffen, damit dem Einzelnen bei dieser Anstrengung nicht „die Luft ausgeht".

12.3 **Bedeutung für die Gesellschaft**

Es scheint in den achtziger Jahren ein ungeschriebenes Gesetz zu sein, daß Automation gut ist. Jeder Staat befürwortet dies und gibt seinen Unternehmern auch noch Investitionshilfen, die in Rationalisierung münden und manchmal auch in verminderter Belegschaft. Man ist sich durchaus der Konsequenzen bewußt, kann aber nichts daran ändern. Versäumt ein Staat dies, wird seine Industrie von ausländischer Konkurrenz weggeputzt. Die Gesell-

schaft muß also damit leben, daß internationale Konkurrenz nicht nur im Bereich von Tonnen produzierter Güter und Rüstung zu sehen ist, sondern auch in intellektuellen Strukturen und Gütern, wie etwa der Software. Es wurde schon ein Softwarepaket für die Qualitätssicherung als Beispiel genannt, das um 120 000 DM kostet. Das entspricht dem Preis von 10 Kleinwagen, die erst einmal exportiert sein müssen. Wie man Kleinwagen baut, vermarktet und exportiert, ist bereits einer gewissen, wenn auch nicht großen Anzahl von Managern bekannt. Software zu vermarkten hingegen nicht. Und noch schwieriger wird es, Personen zu finden, die die modernen informatorischen Strukturen ohne katastrophale Zwischenspiele in Unternehmen und der Gesellschaft überhaupt einbinden können. Die Informatik ist eine ziemlich neue Wissenschaft; es gibt also noch recht wenig erfahrene Leute, wenngleich das jetzt nicht in bezug aufs Alter zu verstehen ist. Die Erfahrenen aber haben bereits alle Hände voll zu tun, die Probleme der Informatik selbst zu managen. Warum soll sich also der erfahrene Informatiker aus seiner Informatik hinauswagen, um die Informatik und die Gesellschaft zusammenzubringen, wenn er sich bei einer etablierten Klasse von Noch-Nicht-Kennern nur blutige Nasen holt?

Genau solche umfassend orientierten Kenner der Materie aber braucht die Gesellschaft, um die sogenannte „Zweite Industrielle Revolution“ zu bewältigen. Unter „Zweiter Industrieller Revolution“ versteht man dabei den Übergang der Industrienationen von der reinen aufs mechanische Material ausgerichteten Produktion zur Produktion von geistigem Gut (Software) und Dienstleistungen. Dieses Problem ist den Politikern bereits bekannt, aber es braucht nicht nur Geld für Projekte, sondern auch Geld für neue Führungspositionen. Allerdings gibt es da ein Problem in Europa, was einer der wesentlichen Hemmschuhe gegenüber den Amerikanern ist: Informatik paßt noch nicht ins europäische Standesdenken!

Allein schon die alljährlich wiederkehrende Diskussion darüber, ob denn ein Informatiker mehr oder weniger wert ist als ein Rechtsanwalt oder Arzt, ausgedrückt in Gehalt, zeigt, daß man sich in Europa allzu gern um das Fell des Bären streitet, den man in den USA schon erlegt hat. Früher oder später muß sowieso akzeptiert werden, daß der Wohlstand einer Industrienation mit seiner Bedeutung in der Informatik verbunden ist. Wenn aber Informatik für Wirtschaft und Gesellschaft bedeutend, in diesem Jahrzehnt sogar entscheidend ist, muß man auch den breitbandig orientierten Kennern der Materie attraktive Positionen in der Funktion des Gemeinwesens einräumen. In den USA ist das in

gewissem Sinne einfacher, weil mehr – zum Teil ausschließlich – durch Geld bestimmt. Da die Industrie im Bereich der Informatik immer noch z. T. mit Zuwachsraten um 40% p. a. arbeitet, ist ihr damit auch automatisch eine gewisse politische Bedeutung eingeräumt. Weiteren Auftrieb gibt der schon immer riesige Militärhaushalt der USA, wobei immer mehr Geld für Elektronik ausgegeben wird. Da militärische Projekte jedoch immer umfangreicher und komplizierter werden, ist auch das Geschäft damit riskant: Akzeptiert das Verteidigungsministerium ein Projekt, fein! Andernfalls machen eben ein paar Zulieferer pleite. Das Ausrichten auf diesen Bereich ist also nicht unbedingt zur Nachahmung empfohlen.

Was aber gar nichts kostet ist der intellektuelle Prozeß des Eingliederns der Informatik in unsere Gesellschaft. Das kostet lediglich die Anerkennung einer neuen Disziplin und ihrer, zum Teil recht jungen Meister. Ist einer Gesellschaft dieser Preis zu hoch, so werden unsere Kinder dafür zu bezahlen haben, aber richtig, mit negativen Handelsbilanzen und politischer Unbedeutsamkeit.

12.4 Bedeutung für den Einzelnen

Wenn der Einzelne den ersten Schritt in die Informatik vollbracht hat, Grundwissen besitzt, Ideen und Konzepte versteht – diesem Ziel soll auch dieses Buch dienen –, welchen Nutzen kann er daraus ziehen?

Daß die Informatik Arbeitsplätze geschaffen hat, ist eine Tatsache, die man schon aus dem Branchentelefonbuch jeder größeren Stadt herauslesen kann. Es stellt sich insbesondere für den jüngeren Leser die Frage, ob denn nicht die Wahl auf einen derartigen Beruf fallen könnte oder sogar sollte. Einsatzbereiche gibt es deren viele: als Entwicklungsingenieur, Verkäufer, Service-Ingenieur, Programmierer, Wirtschaftsinformatiker, beratender Ingenieur usw. Wen das interessiert, der sollte sich die Zeit nehmen, bei den großen Messen vorbeizuschauen, bei denen nicht nur verkauft (und abgeworben!), sondern auch angeworben wird. Außerdem sind die Tage der offenen Tür und Ferienjobs sehr zu empfehlen, bei denen man ohne direkten Leistungsdruck „mal locker anlaufen lassen kann“. Als junge Wissenschaft mit jungen Unternehmen bietet die Informatik noch einen ganz natürlichen Vorteil: Sie ist im Bereich der Personalabteilungen noch nicht überall mit „Psychologen“ verseucht, sondern mit Leuten, die was vom Fach verstehen, wie Physiker, Mathematiker, Wirtschaftswissenschaftler, Elektrotechniker usw.

Schließlich braucht eine neue dynamische Disziplin wie die Informatik Personen, die nicht nur die Unterschrift im richtigen Winkel absetzen, sondern solche, die Technologie und marktwirtschaftliches Verständnis zusammenbringen.

Wenngleich bei entsprechender Begabung nicht davon abzuraten ist, sei jedoch vor Euphorie gewarnt. Schauen wir uns dazu noch einmal Bild 40 an. Die Preise für Software wachsen weiter und damit auch die Gehälter für Programmierer und verwandte Tätigkeiten. Aber die Pionierzeit mit bedeutendem Mangel an Fachkräften ist vorbei und die Gehälter können aufgrund der veränderten allgemeinwirtschaftlichen Lage Ende der achtziger Jahre nicht mehr in den Himmel wachsen. Außerdem steigern die Methoden der Informatik in Anwendung auf sie selbst auch die Produktivität, was nichts anderes bedeutet, als daß weniger Leute mehr produzieren können, wie am Beispiel Computer Aided Design in Kapitel 7.1 gezeigt wurde.

Insofern ist Informatik auch nicht wesentlich besser bezahlt als Maschinenbau oder Elektrotechnik o. ä. Man muß aber sehen, daß die Arbeiten im Bereich der Informatik im allgemeinen in sauberer Umgebung und modernen, neuen Unternehmen zu finden sind. Das spricht für den ganz unbedeutenden Aspekt angenehmer Arbeitsbedingungen. Leider muß auch das mit Vorsicht aufgenommen werden. Programmieren ist selbst für den erfahrensten Hasen immer noch Streß, weil im Gegensatz zum Arbeiten mit mechanisch anfaßbarem Material kein direkter Bezug zur realen materiellen Umwelt hergestellt werden kann. Damit kommt es zu Krankheiten, die schon länger in den reinen Organisationspositionen bekannt sind, also die bekannten Managerkrankheiten, die man ganz grob auf den Streß, d. h. die intellektuelle Dauerbelastung, zurückführt. Man sollte sich auf jeden Fall hüten, das Schreiben eines BASIC-Programmes für das Verwalten des eigenen Sparschweins mit der hauptberuflichen Tätigkeit eines Programmierers zu verwechseln.

Selbstverständlich kann man auch Freude am Wissen um die Informatik finden. Das Auffinden von logischen Zusammenhängen, die Fähigkeit, Probleme analytisch und treffsicher zu lösen, alles das sind Fähigkeiten, die sehr breit einsetzbar sind und schnell den Weg zur Realität finden. Insofern ist die Beschäftigung mit der Informatik genauso gut für den Kopf wie Jogging für den Körper.

Es läßt sich noch ein weiterer Aspekt ableiten. Solche analytischen Fähigkeiten sind unpolitisch und nicht emotional. Damit können aber Menschen verschiedener Mentalität und politischer Anschauung zusammenkommen, eine neutrale Kommunikationsbasis finden, die es ermöglicht, voneinander zu lernen und

einander zu verstehen – vielleicht auch, damit die Atomraketen in den Bunkern bleiben. Man betrachte nur einmal das Schachspiel. Es ist eines der den Intellekt am meisten fordernden Spiele der Welt. Das können Russen und Amerikaner miteinander spielen, ohne von der Politik zurückgepfiffen zu werden. Man stelle sich aber vor, die Amerikaner würden die Russen zum Monopoly einladen! Monopoly, das Bestandteile eines Glückspieles hat, und das auf der Anwendung westlich orientierter Prinzipien der freien Marktwirtschaft aufbaut, führt schon in der Konzeption zu politischen Diskussionen, die es beim Schachspiel überhaupt nicht gibt.

Es gibt aber noch andere Anzeichen für das Funktionieren solcher Kommunikation. Sollten Sie, lieber Leser, gelegentlich in einem der Computershops in ihrer Stadt vorbeischauen, dann werden Sie sehen, daß da oft Kinder bereits erfolgreich Heimcomputer in BASIC programmieren, bevor sie der Muttersprache bis in alle Ecken der Grammatik mächtig sind, ganz zu schweigen von der Kenntnis einer Fremdsprache. Ein BASIC-Programm, von wem auch immer und wo auch immer geschrieben, wird heute in der ganzen Welt verstanden. Aber wieviele Amerikaner sprechen schon eine Fremdsprache?

Wenngleich die künstlichen Sprachen in Form der Programmiersprachen noch in keiner Weise als Kulturträger taugen (Dantes „Göttliche Komödie“ in BASIC hätte wohl keinen Erfolg!), so muß man doch auch sehen, daß die Entwicklung dieser künstlichen Sprachen erst am Anfang steht. Die neueren Programiersprachen wie Pascal, ADA, usw. zeigen immer mehr Bezug zu natürlichen Sprachen, weil man das Erlernen so einfach wie möglich machen will, womit der Kreis möglicher Benutzer erweitert wird. Es ist heute schon ganz klar erkennbar, daß diese Entwicklung auf neue Sprachen hinausläuft, die nicht nur zum Programmieren von Computern taugen werden.

Das mag sich alles sehr hochtrabend anhören und womöglich das das Gefühl vermitteln, daß Abwarten erst mal besser ist, um zu sehen, wohin der Hase läuft. Nun gibt es aber in der Informatik nicht den großen Hasen, dem man hinterherlaufen kann. Dieses Jahrhundert bietet nicht mehr genug Riesenprojekte für die Masse der Bevölkerung, wie dies im letzten Jahrhundert zum Beispiel mit dem Aufbau der Eisenbahnstrecken gegeben war. Jeder einzelne ist gefordert, die Informatik verdammt uns zu mehr Demokratie und mehr persönlichem Engagement. Dazu braucht es nicht tausende Tonnen von Stahl für Eisenbahnschienen, dazu braucht es in erster Linie nichts weiter als die bekannten „grauen Zellen“. Die heutige Situation der Informatik ist mit der der Physik bis in die vierziger Jahre dieses Jahrhunderts zu ver-

gleichen. Bis dahin galten die Physiker mehr oder weniger als geduldete Spinner, bei denen ja ab und zu etwas Brauchbares für die Industrie abfiel. Für die Gesellschaft waren sie ohnehin unbedeutend. Erst als in Hiroshima (Japan) im August 1945 tausende von Menschen wegbrannten, wurde klar, daß die Physik allen politischen Systemen der Welt neue Sachzwänge auferlegen wird. Sachzwänge, mit denen wir heute leben müssen.

Aber auch für denjenigen, der sich nicht direkt in der Informatik engagiert, sondern nur die Informatik als Mittel zum Zweck verwendet, zeichnet sich bereits ab, daß die massenhafte Verbreitung besonders kleinerer Systeme, wie die Personal Computer, zu einer gesellschaftlichen Struktur führen wird, die mit der durch das Automobil bestimmten vergleichbar ist. Wer einen Führerschein besitzt, kann sich des Autos bedienen, wer nicht, muß entsprechende Einschränkungen in Kauf nehmen. Wer Informatik versteht, kann davon seinen Nutzen ziehen (weniger Routinearbeit, mehr Platz für kreatives Tun, mehr Freizeit). Unabhängig von dem Nutzen des Einzelnen, der sehr unterschiedlich ausfallen kann, gibt es doch einen gemeinsamen Nenner: Die Informatik befreit in einfachster Weise von Routinearbeiten und schafft damit Platz für mehr Kreativität . . .



Bild 111: Maschinen . . . Menschen.

Nachwort

In diesem Buch wurde während elf Kapiteln über Technik und Konzepte der Informatik gesprochen, also Dinge, die man objektiv und ohne Emotionen betrachten kann. Das letzte Kapitel ist sicherlich nicht ganz emotionsfrei, sollte aber als ernsthafter Denkanstoß von einem verstanden werden, der nicht belehren, sondern auf ein paar Entwicklungen und Probleme hinweisen will. Selbst in den USA, wo in gewissem Sinne weniger Standesdenken herrscht als in Europa, gehört es zum guten Ton, ein Kapitel wie das letzte wegzulassen.

Der Autor hofft, daß hinreichend klar zum Ausdruck gebracht wurde, daß Informatik nicht als das Maß aller Dinge verstanden werden soll, nur weil in einigen Bereichen der Informatik in Europa ernsthaft aufgeholt werden muß. Vielmehr muß vermieden werden, daß die Informatik uns genauso überrollt, wie es die Physik getan hat und wir nur noch auf vollendete Tatsachen und Sachzwänge reagieren können (Atomraketen, Neutronenbomben, Atommüll). Diese Diskussion muß in Gang kommen, die Politik muß der Informatik den ihr bedeutenden Platz einräumen, ohne dabei politische Strukturen aufzubrechen, nur aus Selbstzweck oder um tagespolitische Bedürfnisse zu befriedigen.

Grenoble, 1984

Glossar

Das Symbol → gibt weitere Referenzen im Glossar an. Die Ziffern bezeichnen entsprechende Kapitel. Es werden auch Begriffe genannt, die nicht explizit im Text genannt wurden, aber in Bezug zum genannten Thema bedeutend sein können. Deshalb wird der Leser unter dem angegebenen Kapitel entweder den Begriff selbst oder sein Bedeutungsumfeld finden.

Abtastgeschwindigkeit (6.1): Rhythmus, in dem beim Empfänger die ankommenden Informationen aufgenommen werden.

Adresse (4.5): Adresse eines Datums; verwendet Adresse wie in der Umgangssprache, nur anstelle einer Person, der man einen Wohnort zuweist, weist die Adresse den Platz aus, wo man eine → Information abspeichert (→ im Hauptspeicher).

ALGOL (4.1): Programmiersprache, steht für „Algorithmic Language", eingeführt 1958, empfindet stark den mathematischen Ansatz zum Beschreiben von Abläufen nach: → Algorithmen.

Algorithmus (3.2): Rechenanweisung. Festlegung eines Rechenvorganges durch eindeutige Regeln, einschließlich Schleifen. Grafisch dargestellt durch ein → Flußdiagramm.

Analyse: methodisches und nachvollziehbares Zerlegen eines Ganzen in Bestandteile.

Antwortzeit (4.4): Zeit, die der Computer braucht, um auf ein bestimmtes Ereignis in der Umwelt in Form einer Ausgabe zu reagieren.

Anwender (3.2): Person oder Personen, die mittels eines Computersystems ihre Aufgabenstellung bearbeiten.

Anwendungsprogramm (3.2): → Programm, das für eine spezielle Anwendung geschrieben ist, um diese zu bearbeiten.

Anzeige (3.1): Teil eines Computersystems, der Informationen sichtbar macht, damit der Mensch sie mit den Augen wahrnehmen kann.

asynchron (6.1): Datenübertragung, bei der der Empfänger die Informationen ohne Bezug auf eine Zeitachse (Uhr) wiedererkennen kann.

Auflösung (4.2): eines → grafischen Bildschirms; die Anzahl darstellbarer Bildpunkte und damit ein Maß für die Kompliziertheit darstellbarer Bilder,

Automation (10.1): auch Automatisierung, bezeichnet einen → Prozeß, bei dem Maschinen (z. B. Computer) zu dessen Bearbeitung eingesetzt werden.

back-up (2.4.1): Bezeichnet das Auslagern von Daten auf → Datenträgern, zwecks → Datensicherung.

BASIC (3.3): Programmiersprache „*B*eginners *A*ll purpose *S*ymbolic *I*nstruction *C*ode". Einfache und leicht erlernbare Sprache, deshalb vorwiegend auf → Heimcomputern zu finden.

Baum (5.2): Steht für jegliche Struktur, die der eines natürlichen Baumes entspricht: eine Wurzel, mehrere Äste, viele Blätter.

BCD (2.3): Binär Codierte Dezimalzahl, was für „dual codierte Dezimalzahlen" steht (engl. Binary Coded Decimal)

Befehl (3.3): Bestandteile eines → Programmes, die den Computer beim Abarbeiten zu einer Aktivität veranlassen (z. B. Daten einzulesen, zu multiplizieren, Daten an den → Drucker zu schicken usw.).

Benchmark (4.5): Testprogramm, um die Leistungsfähigkeit von Computern zu bewerten oder zwischen ihnen zu vergleichen. Meistens eine Zusammenstellung verschiedener → Befehle. Gemessen wird die Zeit zum Abarbeiten eines solchen Programmes.

Benutzer (4.): Person, die mit dem Computer arbeitet, i. a. identisch mit dem Anwender. Zu unterscheiden vom Anwender, wenn der Anwender lediglich auf die Dienstleistungen des Computers zugreift, ihn aber nicht selbst bedient (z. B. Anwender eines Textverarbeitungsprogramms ist ein Rechtsanwalt, der Benutzer jedoch seine Sekretärin, weil sie den Text eingibt und diesen mit dem Computer bearbeitet. Die Dienstleistung aber steht dem Rechtsanwalt in Form von gedruckten Dokumenten zur Verfügung).

Beratungsunternehmen (10.2): Dienstleistungsunternehmen, die Analysen über Organisationsformen erstellen sowie den Einsatz neuer Organisationsformen und deren Einführung planend vorbereiten. Notwendig, wenn z. B. weitreichend Computer eingesetzt werden (engl. consultant).

Betriebsdatenerfassung (10.1): Betrieb hier im Sinne von Fabrik. Es geht um die besonderen Probleme des Aufnehmens von Daten in einer Umgebung, für die die eingesetzten Geräte besonders geschützt sein müssen, z. B. spritzwasserfeste Terminals.

Betriebssystem (4.1): auch „operating system" genannt. Bezeichnet ein oder mehrere Programme, die die Verwaltung des Computers in sich und in der Zusammenarbeit mit weiteren Geräten regeln (z. B. Verwaltung des → Hauptspeichers, Zugriff auf die → Massenspeicher, usw.).

Bildschirm (2.6): → Anzeige bei einem → Terminal. Aufgebaut wie eine Fernsehbildröhre, allerdings mit anderer Zeilenzahl und größeren → Bildwechselfrequenzen, damit der Bildschirm auch aus geringer Entfernung betrachtet werden kann.

Bildwechselfrequenz (2.6): Die Häufigkeit pro Zeiteinheit, mit der das Bild auf einem → Bildschirm erneuert wird, z. B. 50 mal pro Sekunde.

bit (2.4.2): Einheit einer → Information. Ein bit kann immer nur einen von zwei Zuständen annehmen.

Boolsche Algebra (2.5): von G. Boole (1815-1864) entwickelte Form der auf der Basis 2 basierenden Algebra. Siehe z. B. → UND, ODER, INV.

Bus (6.1): Auch Datenbus, Adreßbus. → Kanal, den sich mehrere Geräte teilen.

Büroautomation (10.2): Einsatz von Computern zum Bearbeiten routinemäßiger Büroarbeiten.

Bürocomputer (4.1): Computer, der die Standfläche einer Schreibmaschine hat und mit dem Büroarbeiten automatisch abgewickelt werden können, wie

z. B. Textverarbeitung, Balkendiagramme, Statistik.

Byte (4.3): Gruppierung von 8 → bits.

CAD (7.1): Computer Aided Design: Computerunterstütztes Entwerfen.

CADrafting (7.): Computer Aided Drafting: Computerunterstütztes Zeichnen.

COBOL (4.2): Programmiersprache „*C*ommon *B*usiness *O*riented *L*anguage". Weltweit verbreitete Sprache für kommerzielle Anwendungen, entwickelt bereits in den fünfziger Jahren.

Code (1.): auch Schlüsselverfahren. Eine Liste, in der einerseits bekannte Symbole vorkommen und entsprechende unbekannte, z. B. wie bei Morsecode: Jeder Buchstabe entspricht einer Folge von Punkten, Strichen, kurzen Pausen, langen Pausen.

Codieren (1.): Tätigkeit, einen → Code anzuwenden, dabei von Hand (Morsetaste) oder maschinell (Computer).

Collision (6.3): Engl. für Kollision. Verwendet im Zusammenhang mit → Bussen, im Falle daß 2 Geräte gleichzeitig Daten auf den Bus senden.

Computer (1.): Maschine zum Verarbeiten von → Informationen, auf der Digitaltechnik aufbauend. Auch Rechner genannt.

Constant Memory (3.1): Hauptspeicher, der per Konstruktion nur wenig Stromverbrauch hat und auch nach Abschalten des Rechners mit einem geringen Strom versorgt wird, womit die gespeicherte Information erhalten bleibt.

CSMA/CD (6.3): *C*arrier *S*ense *M*ultiple Access with → *C*ollision *D*etection: Mehrfachzugang durch Besetztabfrage eines Trägers mit Kollisionserkennung.

Datei (5.1): Kunstwort aus → Daten und → Kartei. Eine Datei ist eine Sammlung von Daten, die man aus welchen Gründen auch immer, zusammen gruppiert hat.

Daten (Einz. Datum): (3.3) → Informationen aus Buchstaben, Ziffern oder Symbolen, die eine Bedeutung haben und von einem Computer gemäß einem ihm gegebenen Schema verarbeitbar sind.

Datenbank (5.1): Zusammenfassung mehrer → Dateien. Zusammenfassung dabei organisatorisch oder sogar in ein und demselben Computer.

Datenbanksoftware (5.1): Ein oder mehrere Programme, die die Verwaltung der Datenbank gemäß ihrer Struktur übernehmen.

Datenerfassung (10.1): Der Vorgang, → Daten erstmals derart zu erfassen, daß sie von einer Maschine (Computer) aufgenommen werden können.

Datensatz (5.1): Die Elemente von → Dateien.

Datenschutz (12.): Gesamtheit der sowohl technischen als auch organisatorischen Maßnahmen zum Schutz von Daten gegenüber Mißbrauch durch unbefugte Personen.

Datensicherung (2.4.1): Gesamtheit der sowohl technischen als auch organisatorischen Maßnahmen zum Schutz von Daten gegen Zerstörung aufgrund von maschinellem Versagen (Magnetplattenspeicher fällt aus) oder höherer Gewalt (Feuer, Wasser).

Datensichtgerät (2.6): → Terminal

Datenträger (2.4.1): auch Medium; das physikalische Material, auf dem Informationen gespeichert sind (z. B. Magnetband, → Diskette).

Datenverarbeitungsanlage (1.): auch → Computer, Rechner, Computersystem.

DATEX-P (6.2.1): → Netzwerk mit Paketvermittlung, Ausführung der Deutschen Bundespost.

digital (1.): Prinzip der Darstellung von Informationen durch Ziffern oder durch Ziffern beschreibbare Zustände.

Digitaltechnik (1.): Technik, die sich Maschinen bedient, die → Informationen → digital verarbeiten.

Digitizer (7.2): → Grafiktablett

direkte Datei (5.1): → Datei, bei der jeder → Datensatz ohne Absuchen davorliegender angesprochen werden kann.

direkte Information (2.1): → Information, die in der Form, wie sie vorliegt, mit einem der fünf Sinne aufgenommen werden kann.

Diskette (4.1): Spezielle Form der → Magnetplatte, bei der das Trägermaterial eine runde Plastikfolie ist.

Dokumentation (3.3): Beschreibung und Aufbewahrung aller Unterlagen, die zum Verständnis eines → Programmes notwendig sind.

dotieren (2.4.2): Gesteuertes Verunreinigen eines reinen Materials.

Drucker (3.3): Ausgabegerät, das Informationen zu Papier bringt.

dual (2.2): Duales Zahlensystem ist das, welches auf genau 2 Ziffern aufbaut (im Gegensatz zum Dezimalsystem, das auf genau 10 aufbaut).

Echtzeitssystem (4.4): Computersystem, das einen → Prozeß in dessen normal ablaufender Geschwindigkeit kontrollieren kann (verlangt ein entsprechendes → Betriebssystem, genannt Echtzeit-Betriebssystem). Ist immer in Bezug auf die Anwendung, d. h. einen bestimmten Prozeß zu sehen.

Ein-/Ausgabe (3.3): bezeichnet die Gesamtheit von → Daten und → Programmen, die in den Computer hineingeholt bzw. wieder herausgebracht (Terminals, Massenspeicher, evtl. Meßinstrumente usw.) werden.

Ein-/Ausgabe-Prozessor (4.4.2): Elektronischer Baustein, der die → Ein-/Ausgabe verwaltet. Verwirklicht z. B. durch einen → Mikroprozessor.

Einbenutzersystem (4): Computer, der von der → Hardware so ausgelegt ist, daß zu einem gegebenen Zeitpunkt nur genau eine Person damit arbeiten kann.

Einbrennen (8.): zum Programmieren von → PROMs wird die Information durch Zerstören von Verbindungen im Kristall mittels kleinster Stromstöße eingebracht.

Einschubkarten (4.4.2): Mit Kupferbahnen bedruckte Kunststoffkarten, die die elektronischen Bauteile tragen und in einen Kartenkäfig eingeschoben werden.

Elektronik (2.4.2): Technologie sowie deren Produkte, die auf der Verwendung von Bausteinen aus Halbleitermaterial (z. B. Silizium) aufbaut.

enhanced (4.2): erweitert

Ergonometrie (6.4): Disziplin, die sich mit der Anpassung von Maschinen an den Menschen befaßt (Armlänge, Abstand zu den Augen usw.).

Error Check (6.1): → Fehlerprüfung

ETHERNET (6.3): Norm für eine Kommunikation auf einem → Bus hoher Geschwindigkeit. Eingetragenes Warenzeichen der Firma XEROX.

Fehlerprüfung (6.1): Prüfen, ob die empfangenen Daten richtig sind. Wird dadurch erreicht, daß mit zusätzlich übermittelten, sog. Prüfbits, verglichen wird.

flexibel (3.3): anpaßbar. Durch Änderung der → Software können gleiche Computer an verschiedene Anwendungen angepaßt werden.

Flip-Flop (2.4.2): Die Zellen eines jeden Halbleiterspeichers. Ein Flip-Flop kann genau 2 Zustände annehmen.

Fließkommaprozessor (4.4.1): Der → Zentraleinheit zugefügter Prozessor, der speziell die Aufgabe der Berechnung von → Fließkommazahlen übernimmt.

Fließkommazahlen (4.4.1): Zahlen, die in ihrer Darstellung ein Komma an verschiedenen Positionen haben können (z. B. 3.14, 125.789, 0.000073, .569 usw.) Im amerikanischen ‚floating point', weshalb 3.14 anstelle 3,14 geschrieben wird.

Flußdiagramm (3.2): Grafische Darstellung eines Ablaufes, wobei normierte Symbole verwendet werden.

FORTRAN (4.1): Programmiersprache „FORmula TRANslator", eingeführt 1957, auf mathematischen aufgebaut, aber sehr praktisch anwendbar. Weltweit die beherrschende Sprache für technische Anwendungen (wird mehr und mehr durch → Pascal verdrängt).

frei programmierbar (3.2): auch kurz: programmierbar. → Programm kann eingegeben oder geändert werden, ohne daß Änderungen an der → Hardware vorgenommen werden müssen.

Gatter (2.4.2): Bezeichnung desjenigen Anschlusses beim → MOSFET, der die Steuerung des Stromflusses zwischen → Quelle (source) und → Senke (drain) bestimmt.

Glasfaserleiter (10.1): Auch Lichtleiter. Ein Medium, das Licht über längere Entfernungen transportieren kann. Das Licht kann nur an dem Ende des Leiters austreten, auf seiner Länge wird es in das Medium zurückreflektiert (engl. fiber optics).

Grafikspeicher (4.2): Vom → Hauptspeicher getrennter Speicher, der speziell die Informationen enthält, die als Grafik auf dem → Bildschirm angezeigt werden.

Grafiktablett (7.2): Eingabegerät, um Grafiken in den Computer einzugeben. Dabei überfährt man mit einem Zeiger die Zeichnung und eine Matrix aus Kondensatoren, eingebaut im Tablett, nimmt die Koordinaten auf.

Grafischer Bildschirm (4.2): → Bildschirm, der neben Zeichen auch Bilder darstellen kann, die Punkt für Punkt aufgebaut sind.

Grafisches Terminal (7.): → Terminal mit einem → grafischen Bildschirm.

Grafischer Drucker (4.2): → Drucker, der per Konstruktion nicht nur Text und Ziffern ausgeben kann, sondern auch aus Punkten zusammengesetzte Bilder.

Halbaddierer (2.5): Zusammenschaltung aus → Verknüpfungsgliedern zu einer Funktion, die 2 Dualzahlen an zwei Eingängen zu einer Summe addiert und an einem weiteren Ausgang den Übertrag bereitstellt.

Halbleitertechnik (2.4.2): Technik, die sich elektronischer Schaltelemente auf Basis chemischer Elemente bedient, die Strom nur mäßig leiten (z. B. Silizium).

Hardware (3.2): Bezeichnet den Teil eines Computers, der in Form von mechanischen Teilen vorliegt.

Hauptspeicher (2.6): Speicher, der im direkten Zugriff von der → Zentraleinheit liegt. Der Hauptspeicher ist ein Halbleiterspeicher, aus dem Informationen ohne mechanische Bewegungen gelesen werden können (schneller Zugriff).

Heimcomputer (3.3): Computer, die am unteren Ende der Preisskala anzusiedeln sind und mit ihrer Software für private Nutzung bestimmt sind (Spiele, Lernprogramme, → BASIC).

HP-IL (6.1): Hewlett-Packard Interface Loop. Datenbus zur → Kommunikation Rechner-Instrument, speziell für tragbare Geräte.

Hertz (6.2.1): Maßzahl für die Anzahl von Schwingungen oder Wiederholungen pro Sekunde, z. B. 50 Hertz steht für 50 Wiederholungen pro Sekunde. (Heinrich Hertz, 1857-1894, entdeckte in Karlsruhe die elektromagnetischen Wellen.)

Hexadezimalsystem (2.3): Zahlensystem, das auf 16 Ziffern aufbaut (anstelle von 10 wie in dem uns geläufigen Zahlsystem). Ziffern: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F

IBM (4.3): International Business Machines Corporation. Firma wurde 1911 von Hermann Hollerith gegründet und nennt sich seit 1924 IBM. Weltweit größter Konzern im Bereich der elektronischen Datenverarbeitung mit Jahresumsätzen um die 30 Milliarden Dollar.

IEEE (4.2): Institut of Electrical and Electronics Engineers (USA). Setzt auch weltweite Normen im Bereich der Elektronik und Informatik.

Impuls (6.1): Einmaliger elektromagnetischer Stoß, der durch seine größten Auslenkung, Dauer und den Zeitpunkt des Auftretens bestimmt ist.

indirekte Information (2.1): → Information, die nur mittels weiterer Geräte von einem der fünf Sinne aufgenommen werden kann. (vergl. → direkte Information).

Informatik (1.): Disziplin, die sich mit vom Verstand erfaßbaren Methoden zur Verarbeitung von → Informationen beschäftigt.

Information (2.1): Eine Information ist ein, direkt oder indirekt, wahrnehmbares Etwas, das in Bezug auf ein bekanntes Normensystem eine Bedeutung ausmacht.

Informationswert (2.4.2): Kleinste Einheit, mit der man → Informationen messen kann. Die Einheit ist 1 bit.

Integrierter Schaltkreis (2.4.2): Zusammenfassen vieler Halbleiterfunktionen (z. B. → Transistoren) auf einem Kristall und in einem Gehäuse.

Interrupt (4.4): → Unterbrechung

Inverter (INV) (2.5): → Logische Verknüpfung mit einem Eingang und einem Ausgang, Symbol INV.

Interpolieren (3.1): Mathematische Methoden, die von zwei Werten ausgehend, einen Zwischenwert angenähert berechnen lassen.

Kanal (6.): Auch Kommunikationskanal: Verbindung, mittels der Daten ausgetauscht werden (z. B. zwischen zwei Computern).

Kartei (5.2): Zusammenfassung von → Informationen auf Kartonkarten, die angeordnet eine Kartei ausmachen.

Karten (4.4): → Einschubkarten.

Kilobyte (4.3): Abkürzung für 1000 → Byte (exakt nicht 1000, sondern 1024 = 2^{10}, was aber bei großen Zahlen übersehen wird).

Kompatibilität (3.2): Verträglichkeit. 1. In Bezug auf → Hardware, das das Material mechanisch und in Bezug auf elektrische Signale (z. B. Spannungspegel) zusammenpaßt. 2. In bezug auf → Software, daß verschiedene Softwarepakete zusammenarbeiten können, z. B. → Anwendungssoftware muß mit dem → Betriebssystem kompatibel sein.

Kommunikation (6.): Austausch von Informationen über Entfernungen hinweg oder zwischen Geräten oder Gerätegruppen, die als unterschiedlich angesehen werden.

Kommunikationskanal (6.): → Kanal.

Künstliche Intelligenz (11.): Die Fähigkeit einer Maschine (Computer) zu denken, zu bewerten und zu lernen.

Kybernetik (11.): Theorie, die sich mit → Regelkreisen sowie der damit verbundenen → Kommunikation beschäftigt.

LASER (4.3): *L*ight *A*mplification by *S*timulated *E*mission of *R*adiation. Der Laserstrahl bietet gegenüber dem von Glühlampen erzeugten Lichtstrahl den Vorteil, bereits stark gebündelt zu entstehen.

Läufer (9.): Symbol auf dem → Bildschirm, das die Stelle auf dem Bildschirm anzeigt, wo gerade gearbeitet wird. Dabei kann zwischen grafischem und alphanumerischem Läufer unterschieden werden, jeweils genau einer pro Anzeige (engl. cursor).

LCD (3.1): *L*iquid *C*ristal *D*isplay, auch Flüssigkristallanzeige, zeigt dadurch an, daß an bestimmten Stellen Licht reflektiert wird, an anderen nicht. Sehr geringer Stromverbrauch, deshalb oft als Anzeige in batteriebetriebenen Geräten.

Linearmotor (2.4.1): Motor, der nicht wie üblich einen Rotor dreht, sondern bei dem lediglich ein Metallblock in einer elektromagnetischen Spule hin- und hergeschoben wird.

Lochkarte (4.3): Ältester maschineller → Datenträger, wurde bereits von Hollerith (→ IBM) zur Eingabe verwendet. Es handelt sich um eine Karte aus Karton, in die Löcher gestanzt werden können, die eine → Codierung darstellen. Wird heute kaum noch verwendet, ersetzt durch magnetische → Datenträger.

Logik (2.5): Formale Wissenschaft, welche die Struktur von Aussagen behandelt.

Lokale Netzwerke 6.3): → Netzwerke, die auf einen bestimmten Raum beschränkt sind. Erlauben sehr schnelle Kommunikation (engl. Local Area Networks).

Magnetband (2.4): Form des Massenspeichers. Die Daten werden hintereinander auf einem mit magnetisierbaren Brei beschichteten Kunststoffband abgespeichert. Ruckweiser Bandtransport, deshalb speichern in Form von Records, bestehend aus Anfangsblock, Daten, Endeblock. Zwischen den Records nichts gespeichert, damit das Band beschleunigt und abgebremst werden kann.

Magnetbandgerät (2.4): Gerät zur → digitalen Aufzeichnung auf Magnetband.

Magnetbandcassette (2.4.1): wie → Magnetband, nur daß bereits zwei Spulen in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht sind.

Magnetplatte (2.4.1): → Massenspeicher mit magnetischen Datenträger in Form einer runden Scheibe.

Magnetplattenspeicher (2.4.1): Gerät zur → digitalen Aufzeichnung auf → Magnetplatte.

Massenspeicher (2.6): Speicher großer Kapazität. Normalerweise ein Speicher, der mit magnetischen → Datenträgern arbeitet. Zugriff macht mechanische Bewegungen (Bandtransport, → Schreib-/Lesekopf) notwendig.

Matrix, pl. Matrizen (4.4.1): Regelmäßige Anordnung von Zahlen.

Matrizenberechnungen (4.4.1): Rechenoperation, die auf Matrizen als ganzes angewendet werden (und auf den bekannten Rechenoperationen für Zahlen für deren Elemente beruhen).

Maus (9.): Eingabegerät, das durch Abrollen auf einer Fläche entsprechend einen → Läufer auf dem Bildschirm bewegt.

Mega (4.3): Abkürzung für 1 Million.

Menü (4.3): Darstellung einer Auswahl von Möglichkeiten zum Fortfahren in der Benutzung eines Computers.

Mehrbenutzersystem (4.3): Computersystem, das von seiten der Hardware (Anschluß mehrer → Terminals) erlaubt, mehrere Benutzer reihum zu bedienen (engl. multi user system).

Mehrprogrammsystem (4.3): Computersystem mit der Möglichkeit von seiten des → Betriebssystems mehrere Programme reihum zu bedienen. Oft unterstellt man das bereits bei einem Mehrbenutzersystem (engl. multiprogramming system).

messen (10.1): Erfassen von Daten aus der Umwelt, die man mit einem Maßsystem beschreiben kann (kg, km/h, atü, usw.)

Meßfühler (10.1): Gerät zum → Messen. Im Gegensatz zum → Meßgerät aber nur passiv.

Meßgerät (10.1): Gerät zum → messen. Daten werden sogleich aufbereitet, z. B. gefiltert, verstärkt.

Mikron (2.4.1): Der millionste Teil eines Meters.

Mikroprozessor (8.): in den Abmessungen kleinste Realisierung eines Computers, i. a. die gesamte → Zentraleinheit und eventuell auch noch der → Hauptspeicher auf einem → Integrierten Schaltkreis.

Mikroprozessorentwicklungssystem (8.): vollständiges Computersystem, bei dem lediglich die → Zentraleinheit fehlt, welche in Form eines → Mikroprozessors eingesteckt wird. Damit wird der Mikroprozessor auf eine spezielle Anwendung vorbereitet (brennen der → PROMs).

Modem (6.2): Abkürzung für MOdulator-DEModulator, Hardware zum Signalumsetzen bei Benutzung des Telefonnetzes zur Datenübertragung.

Modul (2.6): Baustein, Konstruktionselement.

MOSFET (2.4.2): *M*etal *O*xide *S*emiconductor *F*ield *E*ffect *T*ransistor. Halbleiterschaltelement, das durch Anlegen einer Spannung an dem Gatter den Stromfluß zwischen Quelle und Senke bestimmt.

MS-DOS (9.): *M*icrosoft *D*isk *O*perating *S*ystem. Betriebssystem für → Personal Computer. MS-DOS ist eingetragenes Warenzeichen der Firma Microsoft Corporation.

Namen (5.1): im allgemeinen ein symbolischer Begriff. (Vergleiche Anwendung bei → Random-Dateien).

NC-Maschine (10.): Numerisch Controllierte Maschine. I. a. Werkzeugmaschinen, die digital angesteuert werden.

Netzwerke oder Netze (6.2): Zusammenschaltung mehrerer Computer mit funktionierendem Austausch von Informationen. (engl. network)

Netzwerke mit Paketvermittlung (6.2.1): Netzwerke, bei denen zwischen den Computern nicht notwendigerweise physikalische Verbindungen bestehen müssen. Ein Netz transportiert sogenannte Pakete von Daten, die Absender, Adresse und die Information tragen. (engl. PSN für *P*acket *S*witched *N*etworks).

Netzwerksoftware (6.2): Software für den Betrieb von → Netzwerken.

ODER (2.5): Als Verknüpfung in der → Logik. Sie hat zwei Eingänge und einen Ausgang.

Operating System (4.1): → Betriebssystem

Pascal (4.1): → Programmiersprache, die besonders übersichtliches und effizientes Programmieren erlaubt, da Programme bestens strukturierbar sind. Eingeführt von Niklaus Wirth, Zürich, etwa 1970. Namensgebung in Würdigung von Blaise Pascal (1623-1662), der bereits konkrete Strukturen zum Bau von Rechenmaschinen entwickelte.

Peripherie (2.6): Rand, Umgebung. Steht im Zusammenhang mit Computersystemen als Bezeichnung für alle Geräte, die man an Zentraleinheit und Hauptspeicher anschließen kann (z. B. → Terminals, Magnetbandgerät usw.)

Personal Computer (9.): → Einbenutzersysteme, basierend auf dem → Mikroprozessor, bedienungsleichtes Gerät auch für Nichttechniker. Massenprodukt.

physikalischer Kanal (6.2.1): → Kanal, der tatsächlich als Leitung oder Richtfunkstrecke o. ä. existiert (vergl. → Netzwerke mit Paketvermittlung).

Plattenspeicher (2.4.1): → Magnetplattenspeicher

Plotter (7.): → Zeichengerät

Programm (3.3): Die Arbeitsvorschrift für einen Computer. Wird im wesentlichen von Hand erstellt, Denkarbeit, unter Verwendung des → Flußdiagramms.

Programmierer (3.3): Person, die ein Programm erstellt, d. h. die Aufgabenstellung in eine dem Computer verständliche Form bringt.

Programmiersprache (3.3): Künstliche Sprache, mit der der Mensch sich dem Computer mitteilen kann. Ist streng logisch aufgebaut und vermeidet jegliche Mehrdeutigkeit.

PROM (8.): *P*rogrammable *R*ead *O*nly *M*emory. Wie das → ROM, Information wird jedoch nicht durch Konstruktion eingebaut, sondern durch Einbrennen feinster Strukturen auf dem Kristall mittels kleiner Stromstöße.

Prozeß (4.4): Ereignis in der Umwelt, das vom Menschen künstlich hervorgerufen und kontrolliert wird (z. B. Stahl kochen, Anilin herstellen usw.).

Prozeßrechner (4.4): Computer, der zum Kontrollieren eines Prozesses eingesetzt wird.

PSN (6.2.1): *P*acket *S*witched *N*etwork, → Netzwerk mit Paketvermittlung.

Qualität (10.1): Gesamtheit von Eigenschaften und Merkmalen von Produkten oder einer Tätigkeit, die sich auf deren Eignung zur Erfüllung gegebener Erfordernisse bezieht.

Qualitätssicherung (10.1): Die Maßnahmen zum Erzielen der geforderten Qualität.

Quelle (2.4.2): engl. source, → MOSFET.

RAM (2.4.2): *R*andom *A*ccess *M*emory. Speicherbausteine, die in → Hauptspeicher eingesetzt werden. Mit elektrischen Signalen können in diese Informationen eingeschrieben werde) und auch wieder gelesen werden. RAMs brauchen eine Stromversorgung. Beim Abschalten der Stromversorgung geht die gespeicherte Information verloren.

Random-Datei (5.1): Datei, die sich von der → Direkten Datei ableitet, nur daß anstelle der Indizes → Namen treten.

Rationalisierung (10.): Gesamtheit aller Maßnahmen vorhandene Mittel in Form von Material oder Arbeitskraft besser auszunutzen.

Real-Time (4.4): → Echtzeit

Rechenbeschleunigungsprozessor (4.4.1): Erweiterte Form des → Fließkommaprozessors, verarbeitet nicht nur Fließkommazahlen, sondern ganze → Matrizen. Häufig beinhaltet bereits der Fließkommaprozessor diese Fähigkeit (engl. Computation Acceleration Processor).

record (2.4): Beschriebener Teil auf einem Magnetband. Besteht aus Anfangsblock, Daten, Endeblock.

Redundanz (2.3): Maß für das, was überflüssig vorhanden ist.

Referenz (5.2): Bezug. Im Zusammenhang mit Verbunden werden damit → Verbunde aneinander gehängt.

Regeln (10.1): Festlegen eines künftigen Ereignisses (ein Computer gibt z. B. ein Signal, damit ein Ventil geöffnet wird. Damit wird das Ereignis festgelegt, daß Flüssigkeit ausfließen soll).

Regelgerät (10.1): Bewirkt die Regelung. Meistens zwischen Computer und → Prozeß geschaltet, um Signale entsprechend aufzubereiten (z. B. zu verstärken).

Regelkreis (11.): Kreislauf, bei dem → gemessen, → geregelt, gemessen, geregelt, gemessen usw. wird. Wird auch auf nichttechnische Vorgänge angewendet.

Register (3.1): Spezielle Speichereinheit für die kurzfristige Aufnahme kleinerer Informationsmengen. Normalerweise Teil des Hauptspeichers.

Relais (4.4): Bauteil der Elektromechanik, das über eine elektrische Spule einen oder mehrere Kontakte schließt bzw. öffnet. Damit können mit schwachen Strömen an der Spule sehr starke an den Kontakten geschaltet werden.

Roboter (10.1): Maschinen, die weitestgehend selbständig Arbeiten in mehreren Freiheitsgraden verrichten können, also wie der Mensch. Einsatz in Umgebungen und bei Arbeiten, die für den Menschen gefährdend und belastend sind. (russ.: rabota = Arbeit).

ROM (8.): *R*ead *O*nly *M*emory, Nur-Lese-Speicher. Informationen sind durch den Herstellungsprozeß eingebracht, behält diese somit auch ohne Stromversorgung.

Schaltung, gedruckte (4.2): Schaltung, die in Form von auf einer Kunststoffplatte aufgedruckten Kupferbahnen verwirklicht ist. Darauf werden entsprechende Bauteile aufgelötet, wie z. B. Transistoren, Integrierte Schaltkreise, usw. (→ Einschubkarten sind derart aufgebaut.) Auch Platine genannt.

Schlüsselsequentielle Datei (5.1): → Datei, die die Prinzipien der → Random-Datei und der → Sequentiellen Datei vereint.

Schnittstelle (2.6): Übergangsstelle zwischen zwei Bereichen. Das kann sein zwischen Rechner und Terminal, zwischen zwei Rechnern, zwischen Rechner und Instrument, zwischen Terminal und Mensch usw. (engl. interface).

Schreib-/Lesekopf (2.4.1): Elektromagnet in miniatuarisierter Form, mit dem magnetische Datenträger beschrieben (d. h. magnetisiert) werden. Oft sogar mehrere solcher Elektromagnete in einem gemeinsamen Gehäuse, um z. B. beim Magnetband bis zu 9 Spuren gleichzeitig beschreiben zu können.

Senke (2.4.2): Engl. drain, → MOSFET.

Sensor (4.2): → Meßfühler.

Sequentielle Datei (5.1): → Datei, in die Daten entsprechend ihrer Reihenfolge des Einschreibens nacheinander abgelegt werden.

Simulation (7.2): Verfahren, bei dem komplizierte Abläufe aus der Umwelt mittels mathematischer Modelle durchgespielt werden.

Simulationsprogramm (7.2): → Programm, das die mathematischen Modelle zur → Simulation beinhaltet.

Software (3.3): Sammelbegriff für Programme als solche. Oft auch gleichzusetzen mit Programm.

Softwarehaus (9.): Unternehmen, das Software produziert.

SOS-Technologie (4.4.2): Konstruktion von Halbleiterbauelementen auf dem Trägermaterial Saphir, das mit einer dünnen Schicht Silizium versehen ist: *S*ilicon-*O*n-*S*aphir. Geringer Stromverbrauch.

Speicher (2.4.2): Ein Etwas, das Daten aufnehmen, aufbewahren und wieder abgeben kann.

speichern (2.4.2): → Daten in einem → Speicher unterbringen.

Sprachsynthesizer (6.4): Gerät, das menschliche Sprache in Form eines begrenzten Wortschatzes → digital gespeichert hat. Durch Ansteuerung mit einem Computer wird diese Information abgerufen und mit einem Lautsprecher wiedergegeben.

Spur (2.4, 2.4.1): Aufteilung der magnetischen Datenträger. Eine Spur ist eine Zone, in der zuvor magnetisiert wurde, sich also → Informationen befinden. Vergleichbar mit der Rille einer Schallplatte, allerdings keine Markierung im mechanischen Sinne.

Stapelbetrieb (4.3): Methode der Programmbearbeitung. Programm wird dann abgearbeitet, wenn es in einem Stapel (z. B. einem aus → Lochkarten) an die Reihe kommt.

Stromfluß (2.4.2): Vereinbarte Richtung, in der man den Strom als fließend ansieht. Traditionell von Plus nach Minus, in der Elektronik aber als von Minus nach Plus angesehen, als die Richtung, in der sich die Elektronen bewegen.

Störsicherheit (10.1): Eigenschaft einer Installation gegenüber von außen kommenden elektrischen und elektromagnetischen Signalen fehlerfrei weiterarbeiten zu können.

Synchrone Kommunikation (6.1): → Kommunikation, bei der im sendenden und im empfangenden Gerät elektronische Uhren laufen, wobei erstere die zweite in regelmäßigen Abständen nachstellt. Dieses Zeitsignal wird zum Verstehen der Information beim Empfänger gebraucht.

Taschenrechner (3.1): Elektronische Kleinrechenmaschine bis zum tragbaren Kleincomputer. Leistungsmerkmale sehr unterschiedlich.

Tastatur (2.6): Eingabegerät, das mit den Fingern bedient wird.

Terminal (2.6): Auch Datensichtgerät. Gerät zur Eingabe von → Informationen mittels → Tastatur und Ausgabe von Informationen mittels → Bildschirm.

Textverarbeitung (10.2): Die Verarbeitung von Text anstelle mit Schreibmaschine, Radierer und Korrekturfarbe dadurch, daß der Text vom Computer im Hauptspeicher verarbeitet wird.

Thermodrucker (4.2): → Drukker, der mit Heizelementen auf wärmeempfindliches Papier strahlt.

Time-Sharing (4.3): → Zeitteilung.

Tischrechner (6.3): Computer, der die Abmessungen hat, die es erlauben, ihn auf einen Tisch zu stellen. I. a. handelt es sich um Einbenutzersysteme. Leistungen können sehr unterschiedlich sein.

Transistor (2.4.2): → MOSFET

Transportierbarkeit (3.3): Die Möglichkeit → Software von einem Computer auf einen anderen (evtl. verschiedenen Typs) übertragen zu können.

UND (2.5): UND-Verknüpfung als eine → logische Verknüpfung mit zwei Eingängen und einem Ausgang.

Unterbrechung (4.4): Information von der Umwelt an den Computer, in der Ausführung des → Programms verändert fortzufahren (engl. interrupt).

Variable (3.2): Platzhalter für → Daten in → Programmen. Wird in Programmiersprachen durch Buchstaben dargestellt und kann während der Ausführung des Programmes unterschiedliche Werte annehmen.

Verbunde (5.2): Eine Einheit von → Informationen, die von ihren Inhalten her zusammengehören.

Verknüpfung (2.5): Elementares Schaltglied um elektrische Signale gemäß logischen Funktionen (UND, ODER, INV) zusammenzusetzen.

virtueller Kanal (6.2.1): Beschreibt in → Netzwerken mit Paketvermittlung einen → Kanal, der aus vielen → physikalischen Kanälen für jedes Paket einzeln zusammengeschaltet wird.

virtueller Speicher (4.3): Eigenschaft des Betriebssystems die Daten aus dem Massenspeicher als zusammenhängenden Block automatisch in den Hauptspeicher zu übertragen. Damit sieht es so aus, als hätte der Hauptspeicher die Speicherkapazität des Massenspeichers.

VLSI (7.1): Very Large Scale Integration. Steht für → Integrierte Schaltkreise, die besonders viele Schaltelemente tragen, z. B. 400 000 → Transistoren.

Wortlänge (4.5): Beschreibt die Anzahl der → bits, die eine → Zentraleinheit gleichzeitig bearbeitet. Für jeden Rechner durch Konstruktion, also → Hardware, festgelegt.

X.25 (6.2.1): Schnittstelle für → Netzwerke mit Paketvermittlung.

Zeichengerät (7.): Gerät, das mittels zweier Elektromotoren einen Zeichenstift über Papier führt. Benötigt einen Computer zu seiner Ansteuerung. (engl. plotter)

Zeitteilung (4.3): Eigenschaft des → Betriebssystems, mehrere Programme stückweise reihum zu bearbeiten.

Zentraleinheit (2.6): Das „Gehirn" eines Computers, das überwacht, steuert und die jeweils benötigten Informationen holt und dorthin bringt, wo sie gebraucht werden. (engl. CPU, Central Processing Unit)

zoomen (7.2): Herausvergrößern. Da → Bildschirme oft viel weniger → Informationen anzeigen als der → Grafikspeicher beinhaltet, kann man Ausschnitte vergrößert betrachten.

Referenzen

Name	Bilder Nr.	Produkt als eingetragenes Warenzeichen
Anderson Jacobsen GmbH 5060 Bergisch Gladbach	76	
ASEA Lepper GmbH	103	
Bell Laboratories		UNIX
BMW, München	93	
CASIo Computer Co. GmbH Deutschland 2000 Hamburg 54	31	
Commodore Büromaschinen 6000 Frankfurt a. M. 71	37	
Deutsche Olivetti GmbH 6000 Frankfurt a. M. 71	99	
Digital Research Inc. CA 93950 US.		CP/M
Digital Equipment GmbH 8000 München 81	4, 60	
(Gavillan) Magirus Datentechnik Leinfelden (Stuttgart)	97	
Hewlett-Packard GmbH Böblingen, Frankfurt	3, 7–10, 22, 27, 33, 47, 48, 50, 52, 54, 58, 67, 71, 80, 82, 83, 87, 90, 92, 96, 98, 101, 102	
Ideal Toy Corporation Hollis, N.Y. 11423	107	Rubik's Cube
IBM Deutschland	1, 49, 94	
Microsoft Taufkirchen/München	95	
Motorola	91	
Rank Xerox 4000 Düsseldorf 79	79	ETHERNET

Name	Bilder Nr.	Produkt als eingetragenes Warenzeichen
Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA), Luzern	81	
SCS 2000 Hamburg 62	85	
SE System GmbH 3062 Bückeburg	5	
Texas Instruments Deutschland 8050 Freising	28	
Triumpf-Adler 8500 Nürnberg	45	

Den genannten Firmen sei für das freundliche Bereitstellen entsprechenden Bildmaterials gedankt.

Die Zeichnungen sind größtenteils mittels eines CADrafting-Systems von Frau Myrielle Broche erstellt worden, für deren sorgfältige Arbeit besonders gedankt sei.

Literaturhinweise

Bei der Fülle der täglich erscheinenden Bücher auf dem Gebiet der Computer-Literatur, soll und kann ein solches Literaturverzeichnis niemals Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Es soll vielmehr einen Einstieg darstellen, um sich der aufgeführten Bücher zu bedienen, an Hand dieser weitere zu finden. Auch kann hier nicht auf die Flut von Neuerscheinungen im Bereich von Computer-Büchern zu speziellen Computern eingegangen werden. Bei Bedarf läßt man sich mit Vorteil in der Spezialabteilung einer Buchhandlung beraten.

An Age of Innovation. The World of Electronics 1930–2000.

Antébi, Elizabeth: Die Elektronik Epoche, Birkhäuser, Basel, Boston, Stuttgart, 1983.

Bauer, Fl./Goos, G.: Informatik I und II, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1982.

Betriebswissenschaftliches Institut der ETH-Zürich: EDV-Wissen für Anwender, CW-Edition, München

Blomeyer-Bartenstein, H. P.: Personal-Computer – das intelligente Werkzeug für jedermann, München, 1983.

Bradbeer/De Bono/Laurie: Das Computerbuch, Klett, Stuttgart, 1983.

Ernst, Eva/Dripke, Andreas: BASIC-Kurs für Beginner, Interface Age, München 1983.

Forester, T.: The Microelectronics Revolution, Basil Blackwell, Oxford, 1980.

Gergely, S. M.: Mikroelektronik. Computer, Roboter und neue Medien erobern die Welt, Piper, München, Zürich, 1983.

Haefner, Klaus: Die neue Bildungskrise. Herausforderung der Informationstechnik an Bildung und Ausbildung, Birkhäuser, Basel, Boston, Stuttgart (3. Aufl.), 1983.

Henk, Dr. M.: Der IBM Personal Computer, Computer Persönlich, Markt & Technik, Verlag AG, 1984.

Immerzeel, Martinus B.: Mikrocomputer ohne Ballast, Franzis Verlag München.

ISIS Personalcomputer Report, München, 1983.

Kidder, Tracy: Die Seele einer neuen Maschine, Birkhäuser, Basel, Boston, Stuttgart, 1982.

Lexikon der Informatik und Datenverarbeitung, Oldenburg, München, 1983.

M & T: Software-Auswahl leicht gemacht. München, 1983.

Osborne, A.: Mikrocomputer-Grundwissen, te-wi, München, 1980.

Papert, Seymour: Kinder, Computer und Neues Lernen, Birkhäuser, Basel, Boston, Stuttgart, 1982.

Personal Computer Lexikon, München, 1982.

Pest, W.: Hardware-Auswahl leicht gemacht. München, 1983.

Rehbein, Hans: Basic leicht gemacht. Einführung mit Beispielen und Lösungen, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1983.

Sacht, H. J.: Vom Problem zum Programm. Wie BASIC-Programme entstehen, Vogel-Verlag, Würzburg, 1983.

Schmitz, P./Seibt, D.: Einführung in die anwendungsorientierte Informatik, Vahlen, München, 1982.
Schulze, H. H.: rororo Lexikon zur Datenverarbeitung, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek, 1978.
Stewart, Ian/Jones, Robin: Commodore 64, Programmieren leicht gemacht, Computer Shop, Birkhäuser Verlag AG Basel Boston Stuttgart.
Stewart, Ian/Jones, Robin: Maschinencode und besserer BASIC, Computer Shop, Birkhäuser Verlag AG Basel Boston Stuttgart.
Taschenbuch der Informatik, 3 Bd., Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1974.
Wernicke, J.: Computer für den Kleinbetrieb. Ein Wegweiser zur optimalen Computerlösung, Vogel-Verlag, Würzburg, 1982.
Wie erklären Sie jemand, der Sie fragt, was ein Computer macht, Was ein Computer macht?, IBM Deutschland Gmbh (3. Aufl.), 1983.
Wie erklären Sie jemand, der Sie fragt, wie man einen Computer programmiert, wie man einen Computer programmiert? IBM Deutschland Gmbh (9. Aufl.), 1983.
Wie erklären Sie jemand, der Sie fragt, wie ein Computer funktioniert, wie ein Computer funktioniert? IBM Deutschland Gmbh, 1983.

Fachzeitschriften, eine kleine Auswahl

CHIP, Vogel-Verlag, Würzburg.
Computer Persönlich. Personal Computer in der Praxis. Markt & Technik Verlagsgesellschaft, Haar/München.
Computerwoche, CW-Publikationen Verlags Gmbh, München.
Elektronik. Fachzeitschrift für Entwickler und industrielle Anwender, Franzis-Verlag, München.
M + K Mikro- und Kleincomputer, Informa-Verlag, Luzern.
mc. Die Mikrocomputer-Zeitschrift, Franzis-Verlag, München.
PC Welt (speziell für IBM-PCs und IBM-kompatible), CW-Publikationen, München.

Sachregister